This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

HUNDERTDREIZEHNTER BAND.

WIEN, 1904.
AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI

IN KOMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN,
BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

SITZUNGSBERICHTE

DER

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHEN KLASSE

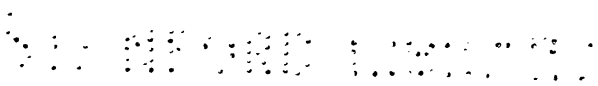
DER KAISERLICHEN

AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

CXIII. BAND. ABTEILUNG I.

JAHRGANG 1904. — HEFT I BIS X.

(MIT 35 TAFELN, 2 KARTEN, 1 KARTENSKIZZE UND 30 TEXTFIGUREN.)



WIEN, 1904.

AUS DER KAISERLICH-KÖNIGLICHEN HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN KOMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN,

BUCHHÄNDLER DER KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

171874

AMPONG LIBRARY

INHALT.

Seite

Abel O., Über einen Fund von *Sivatherium giganteum* bei Adrianopel. (Mit 1 Tafel und 3 Textfiguren.) [Preis: 80 h = 80 Pfg.] 629

Albanese N., Ein neuer Fall von Endotropismus des Pollenschlauches und abnormer Embryosackentwicklung bei *Sibbaldia procumbens* L. (Mit 2 Doppeltafeln.) [Preis: 1 K = 1 Mk.] 653

Bobisut O., Zur Anatomie einiger Palmenblätter. (Mit 4 Tafeln.) [Preis: 1 K 40 h = 1 Mk. 40 Pfg.] 345

Brezina A. und *Cohen E.*, Über Meteoreisen von De Sotoville. (Mit 3 Textfiguren.) [Preis: 40 h = 40 Pfg.] 89

— Über dodekaedrische Lamellen in Oktaedriten. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 40 h = 40 Pfg.] 577

Doelter C., Die Silikatschmelzen. (Erste Mitteilung.) (Mit 7 Textfiguren.) [Preis: 1 K 50 h = 1 Mk. 50 Pfg.] 177

— Die Silikatschmelzen. (Zweite Mitteilung.) (Mit 4 Textfiguren.) [Preis: 50 h = 50 Pfg.] 495

Grafe V., Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte. [Preis: 80 h = 80 Pfg.] 253

Greilach H., Spektralanalytische Untersuchungen über die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 1 K 30 h = 1 Mk. 30 Pfg.] 121

Höfer H., Gipskriställchen akzessorisch im dolomitischen Kalk von Wietze (Hannover). [Preis: 20 h = 20 Pfg.] 169

— Der Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen). (Mit 1 Textfigur und 1 Kartenskizze.) [Preis: 50 h = 50 Pfg.) 296

Hussak E., Über das Vorkommen von Palladium und Platin in Brasilien. (Mit 2 Tafeln und 6 Textfiguren.) [Preis: 2 K 10 h = 2 Mk. 10 Pfg.] 379

Linsbauer K., Untersuchungen über die Lichtlage der Laubblätter. I. Orientierende Versuche über das Zustandekommen der Lichtlage monokotyler Blätter. (Mit 3 Tafeln.) [Preis: 1 K 80 h = 1 Mk. 80 Pfg.] 35

Molisch H., Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 50 h = 50 Pfg.] 513

Nestler A., Zur Kenntnis der Symbiose eines Pilzes mit dem Taumellolch. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 50 h = 50 Pfg.] 529

Portheim L., v., Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Blüten. (Mit 3 Tafeln und 1 Textfigur.) [Preis: 80 h = 80 Pfg.] . 619

Seite

Schaffer F. X., Die geologischen Ergebnisse einer Reise in Thrakien im Herbste 1902. (Mit 1 Karte.) [Preis: 50 h = 50 Pfg.] 104

Schnarf K., Beiträge zur Kenntnis des Sporangienwandbaues der *Polypodiaceae* und der *Cyatheaceae* und seiner systematischen Bedeutung. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 70 h = 70 Pfg.] 549

Senft Em., Über den mikrochemischen Zuckernachweis durch essigsaures Phenylhydrazin. (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 90 h = 90 Pfg.] . . . 3

Siebenrock F., Über partielle Hemmungs-Erscheinungen bei der Bildung einer Rückenschale von *Testudo tornieri* Siebenr. (Mit 1 Textfigur.) [Preis: 30 h = 30 Pfg.] 29

— Die südafrikanischen *Testudo*-Arten der *Geometrica*-Gruppe s. l. (Mit 5 Tafeln.) [Preis: 1 K 20 h = 1 Mk. 20 Pfg.] 307

Stěp J. und *Becke F.*, Das Vorkommen des Uranpecherzes zu St. Joachimsthal. (Mit 3 Tafeln, 1 Übersichtskarte und 4 Textfiguren.) [Preis: 1 K 70 h = 1 Mk. 70 Pfg.] 585

Thum E., Über statocystenartige Ausbildung kristallführender Zellen. (Mit 1 Tafel.) [Preis: 50 h = 50 Pfg.] 327

Wielowieyski H., v., Über nutritive Verbindungen der Eizellen mit Nährzellen im Insektenovarium und amitotische Kernprozesse. (Vorläufige Mitteilung.) (Mit 2 Tafeln.) [Preis: 60 h = 60 Pfg.] . . . 677

Wiesner J., Über den Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Laubentwicklung sommergrüner Holzgewächse. Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. (IV. Abhandlung.) [Preis: 60 h = 60 Pfg.] 469

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. I. UND II. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Über den mikrochemischen Zuckernachweis durch essigsaures Phenylhydrazin

von

Em. Senft.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Februar 1904.)

Einleitung.

Der Nachweis des Zuckers in dem Gewebe der Pflanzen ist sowohl in anatomischer als auch physiologischer Beziehung häufig von großer Wichtigkeit. Es werden ja auch zahlreiche Methoden für diese Zwecke in Anwendung gebracht.

Der von Emil Fischer[1] in die Chemie eingeführte Zuckernachweis mittels essigsaurem Phenylhydrazin erschien mir zum mikrochemischen Zuckernachweise viel sicherer als die bis jetzt gebrauchten Reaktionen und ich habe bereits früher nach einer Reihe von einschlägigen Versuchen meine zu diesem Zwecke modifizierte Methode kurz mitgeteilt.[2]

Nun will ich im nachstehenden diese Methode eingehender besprechen und ihre Anwendbarkeit bei mikrochemischen Arbeiten darlegen.

Vorerst erscheint es zweckmäßig, eine kurze Kritik der bisherigen Methoden des mikrochemischen Zuckernachweises zu geben.

---

[1] Fischer Em., Synthesen in der Zuckergruppe. Berichte der Deutschen chem. Gesellschaft, 1890, Bd. 23, p. 2114 und Fortsetzungen.

[2] Senft Em., Zum mikrochemischen Nachweise des Zuckers. Pharm. Post, Wien 1902, Nr. 29.

I. Die bis jetzt zum mikrochemischen Nachweise des Zuckers gebrauchten Methoden.

Die Eigenschaft der Glykosen (Monosaccharide-Hexosen), aus alkalischen Kupferlösungen unter erfolgter Reduktion das rote Kupferoxydul abzuscheiden, wurde zum mikrochemischen Nachweise des Zuckers zuerst gebraucht.

Zu diesem Zwecke wurde die Kupfersulfatmethode vielfach modifiziert, so von Sachs,[1] Flückiger,[2] Schimper,[3] A. Fischer,[4] A. Mayer,[5] Czapek,[6] Hofmeister[7] und anderen.

Die Reaktion gab sich kund in der Ausscheidung eines amorphen Niederschlages von Kupferoxydul. Unter günstigen Verhältnissen konnte das letztere auch krystallinisch gewonnen werden (Taf. I, Fig. 1).

Alle Modifikationen der ursprünglich Sachs'schen[8] Methode haben ihre Vorteile, sie sind jedoch alle mit dem unliebsamen Fehler behaftet, daß durch die alkalische Kupferlösung in der Siedehitze ja mitunter ohne vorheriges Erwärmen auch andere Stoffe Glykose abspalten oder überhaupt reduzierend wirken und so häufig das Vorhandensein von Zucker vortäuschen können (Glykoside, manche Farbstoffe, Phloroglucin, Amylodextrin und andere).

Weiter ist auch als ein sehr unliebsamer Umstand die Unhaltbarkeit des Reagens zu berücksichtigen.

---

[1] Sachs, Mikrochemische Reaktionsmethoden. Münch. akad. Sitzungsberichte, 1859, Flora 1862, p. 289.

[2] Flückiger, Pharmakognosie.

[3] Schimper, Anleitung zur mikroskopischen Untersuchung der vegetabilischen Nahrungs- und Genußmittel. Jena 1900.

[4] Fischer A., Beiträge zur Physiologie der Holzgewächse. Pringsheim's Jahrbücher, Bd. XXII, p. 73.

[5] Mayer A., Mikrochemische Reaktion zum Nachweise der reduzierenden Zuckerarten. Ber. der Deutschen botan. Gesellschaft, 1885, p. 332.

[6] Czapek, Über die Leitungswege der organ. Baustoffe im Pflanzenkörper. Diese Sitzungsberichte, Bd. CVI, Abt. I, März 1897, S. 14 des Separatabdruckes.

[7] Hofmeister in Pringsheim's Jahrbücher für wissensch. Botanik, Bd. 31 v. 1897, p. 688.

[8] Sachs l. c.

Diese Nachteile wurden bald erkannt und man versuchte es, dieselben durch verschiedene Modifikationen der ursprünglichen Methode möglichst zu verringern. Es ist dies jedoch nie vollkommen gelungen. Vor allem wird von verschiedenen Körpern glykosidischer Natur durch die bei der Reaktion einerseits angewendete Hitze bei Vorhandensein von Wasser und starkem Alkali, anderseits durch Enzyme die Glykose abgespalten.

G. Kraus[1] hat für den mikrochemischen Zuckernachweis zum Unterschiede des indirekten Nachweises eine direkte, von ihm als morphologische Reaktion bezeichnete Methode angewendet. Dieselbe beruht darauf, daß durch Einwirkung von Glyzerin oder Alkohol die Zuckerausscheidung in Tröpfchenform erfolgt. Diese Methode besitzt ebenfalls ihre Nachteile, welche darin bestehen, daß die Zuckerarten aus unreinen Lösungen erst bei Vorhandensein von größeren Mengen auf diese Art zu isolieren sind; anderseits werden durch Glyzerin oder Alkohol viele andere Körper in Tröpfchenform ausgeschieden.

Molisch[2] empfiehlt zum mikrochemischen Zuckernachweise α-Naphtol und Schwefelsäure, respektive Thymol und Schwefelsäure.

Diese prompt auftretende Reaktion hat nur den Nachteil, daß unter Einwirkung von Schwefelsäure von verschiedenen Stoffen (Glykosiden, Zellulose, Stärke und anderen) Glykose gebildet, beziehungsweise abgespalten wird, ferner daß auch andere Stoffe, namentlich manche Zersetzungsprodukte des Zuckers,[3] diese Reaktion liefern.

II. Das Prinzip der modifizierten Fischer'schen Phenylhydrazinmethode.

Die als Monosaccharide bezeichneten Zuckerarten, welche Aldehyd- oder Ketongruppen enthalten, besitzen bekanntlich die Fähigkeit, sich entsprechend den Aldehyden und Ketonen

[1] G. Kraus, Botanische Zeitung, 1876, p. 604.

[2] Molisch, Zwei neue Zuckerreaktionen. Diese Sitzungsberichte, math.-naturw. Kl., Bd. 97, Abt. I, p. 264.

[3] Hoppendeyler, Furfurol.

mit Phenylhydrazin zu verbinden. Bei gewöhnlicher Temperatur verbinden sie sich mit einem Molekül Phenylhydrazin zu farblosen, meist in Wasser leicht löslichen Hydrazonen.

$$C_6H_{12}O_6 + N_2H_3.C_6H_5 = H_2O + C_6H_{12}O_5 + N_2H.C_6H_5.$$

Bei Erwärmen mit essigsaurem Phenylhydrazin im Überschusse verbinden sich die Monosaccharide, ebenso Milchzucker, Isomaltose und Maltose mit 2 Molekülen Phenylhydrazin zu gelben, in Wasser fast unlöslichen Verbindungen, den Osazonen.

$$C_6H_{12}O_6 + 2\,N_2H_3.C_6H_5 = 2\,H_2O + H_2 + C_6H_{10}O_4(N_2H.C_6H_5)_2.$$

Traubenzucker, Fruchtzucker und Mannose bilden die Osazone direkt, während der Rohrzucker zuerst in die beiden ersteren gespalten werden muß, um das Osazon bilden zu können.

Wie ich in der Einleitung bemerkt habe, hielt ich diese Methode für den mikrochemischen Nachweis geeignet; sie mußte jedoch zu diesem Zwecke eine Modifikation erfahren.

Die Verwendung des Reagens in wässeriger Auflösung, wie sie zum Nachweise des Zuckers diente, konnte aus folgenden Gründen nicht benützt werden:

1. Das Behandeln der Schnitte in größerer Menge dieser Lösung würde dadurch nachteilig werden, daß die Zuckerarten, die in Wasser löslich sind, noch vor der Einwirkung des Reagens aus dem Schnitte herausgelaugt würden und daß es zur Bildung des Osazons außerhalb des Präparates kommen möchte.

2. Die minimale Menge der zuzusetzenden Flüssigkeit, welche nötig wäre, um den Raum zwischen Deckglas und Objektträger auszufüllen und das Präparat zu bedecken, möchte bei Erwärmen am Wasserbade schnell verdunsten.

Durch den eventuellen vorsichtigen Ersatz der verdampfenden Flüssigkeit durch eine neue Menge hätte man nie eine konstante, zur Durchführung der Reaktion notwendige Konzentration erlangt.

3. Es war schließlich auch wünschenswert, bei der Anwendung der Reaktion eine Flüssigkeit zu gebrauchen, in

welcher die Zuckerarten nur schwer löslich sind und welche zugleich, um das Übertragen zu ersparen und die damit meist verbundene Schädigung der Objekte zu verhindern, eventuell zugleich als Einschlußflüssigkeit dienen könnte.

Als eine solche Flüssigkeit hat sich das Glyzerin bewährt; es besitzt nicht die Nachteile der wässerigen Auflösung und ist auch erfreulicherweise imstande, beide Komponenten des Reagens, wie das salzsaure Phenylhydrazin, so auch das essigsaure Natrium aufzulösen. Dagegen bleiben die gebildeten Osazone vollkommen intakt. Durch Versuche gelangte ich zu dem Schlusse, daß die Lösungen der Reagentien in Glyzerin im Verhältnisse 1:10 am zweckmäßigsten sind. Beide Komponenten des Reagens sind, wie bereits erwähnt wurde, in Glyzerin leicht löslich. Insbesondere, wenn beide Salze früher pulverisiert waren, geht die Auflösung, welche eventuell durch Erwärmen am Wasserbade beschleunigt werden kann, sehr schnell vor sich. Die Lösungen werden in getrennten Stiftfläschchen aufbewahrt und das Reagens erst im Bedarfsfalle zusammengemischt. Manchmal geschieht es, daß in der Auflösung von Phenylhydrazin nach längerer Zeit eine spärliche Abscheidung von Phenylhydrazinkriställchen zustande kommt; dadurch wird jedoch das Reagens und auch der Erfolg der Reaktion nicht im geringsten beeinträchtigt. Die Phenylhydrazinlösung dunkelt, dem Lichte ausgesetzt, etwas nach und wird gelb bis bräunlich. Durch das Aufbewahren derselben in blauen Fläschchen wird diese Eigenschaft, welche, nebenbei bemerkt, keinen Einfluß auf die Reaktion ausübt, verhindert.[1]

Zur Ausführung der Reaktion benütze ich noch immer Lösungen, welche ich mir vor drei Jahren hergestellt habe. Es ist demnach das Reagens von ausgezeichneter Haltbarkeit.

Zur Reaktion werden natürlich der leichten Löslichkeit des Zuckers wegen keine früher in Wasser aufgeweichten Schnitte benützt, sondern entweder frisches Material, Glyzerin- oder Alkoholmaterial und bei den getrockneten Objekten (Drogen und anderen) Schnitte des unaufgeweichten Objektes

[1] Die Firma Merck in Darmstadt hat mein Reagens in ihr Reagentienverzeichnis hineingenommen und es kann dasselbe von dieser Firma in tadelloser Qualität fertig bezogen werden.

Das als Lösungsmittel für beide Komponenten des Reagens gebrauchte Glyzerin vereinigt in den früher erwähnten Vorzügen noch eine bis zu gewissem Grade quellende und aufhellende Eigenschaft, so daß auch dickere Schnitte recht brauchbare Bilder liefern.

Zur Ausführung der Reaktion werden auf dem Objektträger je ein Tropfen der Phenylhydrazin- und Natriumacetatlösung mit einer Präpariernadel innig vermischt und der Schnitt des fraglichen Objektes hineingelegt. Das mit dem Deckgläschen bedeckte Präparat legen wir beiseite, um es nach einigen Stunden und den zweiten Tag zu untersuchen.

Das zweite, ebenso hergestellte Präparat wird am siedenden Wasserbade eine halbe Stunde erwärmt und auskühlen gelassen. Bei zuckerhaltigen Schnitten gibt sich schon während des Erwärmens am Wasserbade die Reaktion durch eine intensive Gelbfärbung der Schnitte selbst, sowie auch der dieselben umgebenden Flüssigkeit kund. Gewöhnlich schon beim Abkühlen des Präparates kann man unter dem Mikroskope sehr schöne Garben oder Büschel des Osazons wahrnehmen, welche teils im Gewebe selbst, teils außerhalb des Schnittes und da besonders am Rande des Deckgläschens sich abgeschieden haben.

Das Erwärmen der Schnitte am Wasserbade dient in den meisten Fällen bloß zur Beschleunigung der Reaktion, denn man kann in gewissen Fällen, auf welche ich später eingehen will, ohne vorheriges Erwärmen — und diesen Umstand erwähne ich als besonders wichtig — zu gleichen Resultaten gelangen, nur mit dem Unterschiede, daß bei Erwärmen die Ausbildung der Osazonkristalle sehr schön und rasch in den oben angegebenen Formen erfolgt, bei der in der Kälte vor sich gegangenen Reaktion kommt es bloß zur Bildung kleiner Büschel, meist aber zur Bildung von Sphärokristallen, welche im polarisierten Lichte deutlich doppelbrechend erscheinen.

Dadurch, daß die Reaktion auch in der Kälte erfolgt und der Zucker durch den energischen Eingriff der Wärme aus dem Gewebe nicht heraustritt, werden wir in die Lage versetzt, das Reagens lokal einwirken lassen zu können.

Je nachdem, ob wir bloß den Zucker im Gewebe nachweisen oder ob wir die Lokalisation desselben studieren wollen, werden wir uns bald der ersteren, bald der letzteren Methode bedienen, am besten, wenn wir stets beide gegenseitig zur Kontrolle ziehen.

Die Menge des Zuckers steht mit der Ausscheidung des Osazons sowie auch der Form und Größe seiner Kristalle im direkten Zusammenhang.

Ebenfalls spielt der Wassergehalt des Objektes eine große Rolle. Je wasserreicher das Gewebe des untersuchten Objektes ist, desto schönere Osazonkristalle kommen zur Ausscheidung.

Auf die einzelnen Formen der Osazone, welche bei der Reaktion zutage treten, werde ich bei der Ausführung einiger Versuche näher eingehen.

Das einzige, was sich gegen diese Methode einwenden ließe, ist das, daß durch die wasserentziehende Eigenschaft des Glyzerins die Zellen zarter Gewebe kollabieren können.

Dieser Nachteil kommt aber kaum in Betracht, denn es handelt sich uns nicht darum, das Gewebe, sondern die Inhaltstoffe zu studieren.

Ein gleichzeitig hergestelltes Wasserpräparat wird das gewünschte Bild ergänzen.

Die das Bild störenden Luftbläschen können erst nach erfolgter Reaktion, wo kein Austritt des Zuckers in das benachbarte Gewebe mehr zu befürchten ist, mittels der Luftpumpe beseitigt werden. Schnitte, welche durch eine übermäßige Ausscheidung mit Osazon bedeckt sind, können von den anhaftenden Kriställchen durch Abspritzen mit Wasser brauchbar gemacht werden, da auf diese Weise nur mehr die im Gewebe selbst gebildeten Kristalle übrigbleiben.

Auch das längere Abschwemmen der Schnitte im Wasser ist für das gebildete Osazon, welches fast vollkommen wasserunlöslich ist, von keinem Nachteil.

Handelt es sich darum, das Osazon aus dem Gewebe zu entfernen, so kann dieses mit siedendem Alkohol geschehen; es sind indes die Osazone bei längerer Einwirkung auch in kaltem Alkohol löslich.

Die Löslichkeit der Osazone in Alkohol kann auch dazu dienen, um in solchen Fällen, wo das Osazon in weniger charakteristischen Kristallen oder in amorphen Schollen sich abscheidet, dieses durch Umkristallisieren aus heißem Alkohol rein zu gewinnen.

Aus alkoholischen Lösungen kristallisieren dann die Osazone bei spontaner Verdunstung des Alkohols meist in schönen kleinen Büscheln aus. Das Umkristallisieren kann in fraglichen Fällen auf einem hohl geschliffenen Objektträger oder einem Uhrgläschen vorgenommen werden.

Eine für uns sehr wichtige Eigenschaft der Osazone ist ihre große Resistenz gegen Kalilauge. In Präparaten, auf welche ich lange Zeit selbst 30% Kalilauge einwirken ließ, zeigte das Osazon keine Veränderung. Diese Eigenschaft kann vorteilhaft zum nachträglichen Aufhellen der Präparate benützt werden. Die Neutralisation der mit Kalilauge aufgehellten Schnitte mittels Essigsäure wird anstandslos vertragen.

Zum eventuellen Nachfärben der Objekte dürfen nur wässerige oder Glyzerin-, nie aber alkoholische Lösungen benützt werden. Auch gegen Chloral zeigen sich die Osazone, wenn auch nicht in dem Maße wie gegen Kalilauge, resistent.

Auf alle Fälle übt auf dieselben die zum Aufhellen der Präparate gebräuchliche 60prozentige Chlorallösung nach einer nicht zu langen Einwirkung keinen schädigenden Einfluß aus.

Als Einschlußmittel für die Präparate nimmt man entweder Glyzerin oder Glyzeringelatine; Kanadabalsameinschluß ist wegen der den Osazon schädigenden Vorbehandlung mit Alkohol unbrauchbar.

Bevor ich die vorgeführte Methode auf den Nachweis des Zuckers in Zellen und Geweben anwendete, prüfte ich zuerst unter dem Mikroskope die Einwirkung der Reagentien auf gelösten oder in Körnchenform benützten Zucker.

Zu diesem Zwecke habe ich teils mit wässerigen Zuckerlösungen 1 : 1, teils mit gleich schweren Zuckerkörnchen die Reaktion ausgeführt.

Je ein Tropfen der Zuckerlösung oder das Zuckerkörnchen wurden mit dem Reagens vermengt und von jeder Art zwei Präparate hergestellt.

Um gleiche Bedingungen bei allen Proben einzuhalten, habe ich auch die beiden Reagenskomponenten mit einer kleinen Meßpipette abgemessen.

Das eine Präparat bewahrte ich ohne es zu erwärmen auf, das zweite erhitzte ich am kochenden Wasserbade und beobachtete von Zeit zu Zeit die eingetretene Veränderung.

Zur besseren Übersicht gebe ich die Resultate der Untersuchung in Tabellenform wieder:

1. Präparate kalt behandelt.

<table>
<tr><th></th><th></th><th></th><th>Nach 24 Stunden</th><th>Dritter Tag</th><th>Vierter Tag</th><th>Fünfter Tag</th></tr>
<tr><td>Dextrose-körnchen</td><td rowspan="3">Die Körnchen, welche meist kantig waren und bei Saccharose fast glatte Bruchstellen zeigten, werden allmählich abgerundet und korrodiert. Die der Lävulose werden schnell aufgelöst, die anderen erst in einigen Stunden.</td><td rowspan="3">Das Präparat färbt sich schnell gelb, schon in einigen Stunden erfolgt eine sehr reichliche Abscheidung von kleinen Sphäriten.</td><td>Zitronengelbe Färbung</td><td>Zitronengelbe Färbung</td><td>Spärliche Abscheidung von kleinen Sphäriten</td><td>Reichliche Abscheidung von kleinen Sphäriten</td></tr>
<tr><td>Lävulose-körnchen</td><td colspan="4">Die Kristallbildung nimmt immer zu.</td></tr>
<tr><td>Saccharose-körnchen</td><td colspan="4">Zitronengelbe Färbung, auch nach einigen Tagen erfolgt keine Osazonbildung.</td></tr>
<tr><td>Dextrose-lösung</td><td rowspan="3">—</td><td rowspan="3">Das Gemisch färbt sich schnell zitronengelb und schon in einigen Stunden erfolgt eine massenhafte Abscheidung von Büscheln und Sphäriten.</td><td>Zitronengelbe Färbung</td><td>Spärliche Abscheidung von kleinen Sphäriten</td><td colspan="2">Die Krystallabscheidung nimmt immer zu.</td></tr>
<tr><td>Lävulose-lösung</td><td colspan="4">Die Kristallabscheidung nimmt immer zu.</td></tr>
<tr><td>Saccharose-lösung</td><td colspan="4">Zitronengelbe Färbung, auch nach einigen Tagen erfolgt keine Osazonbildung.</td></tr>
</table>

2. Präparate am kochenden Wasserbade behandelt.

	Nach 5 Minuten	Nach 10 Minuten	Nach 15 Minuten	Nach $\frac{1}{2}$ Stunde und Abkühlung
Dextrose-körnchen	Schwach gelbliche Färbung	Intensiv zitronengelbe Färbung	Noch intensivere zitronengelbe Färbung	Langsame Abscheidung von überaus kleinen Osazonkriställchen in Büscheln oder Sphäriten.
Dextrose-lösung	Stark orangegelbe Färbung	Intensive, stark orangegelbe Färbung	Fast gelbbraune Färbung	Rasche Abscheidung großer Osazonkristalle in Nadeln, großen Büscheln und Garben.
Lävulose-körnchen	Intensive zitronengelbe Färbung	Intensive orangegelbe Färbung	Fast gelbbraune Färbung	Rasche Abscheidung von sehr dicht stehenden, kleinen Körnchen, Sphäriten und Büscheln von Osazon. An der Peripherie erfolgt die Ausscheidung von großen Garben.
Lävulose-lösung	Starke orangegelbe Färbung	Intensive orangegelbe Färbung	Gelbbraune Färbung	Rasche und sehr reichliche Abscheidung von sehr großen Garben und Büscheln von Osazon.
Saccharose-körnchen	—	Schwach gelbliche Färbung	Orangegelbe Färbung	Langsame und geringe Abscheidung von meist amorphen Körnchen von Osazon.
Saccharose-lösung	—	Schwach zitronengelbe Färbung	Starke orangegelbe Färbung	Rasche und reichliche Abscheidung großer Osazonnadeln in Büscheln und Garben von Osazon.

Aus diesen Versuchen geht hervor:

1. Die Reaktion tritt bei Erwärmen bei der Dextrose und Lävulose schon in kurzer Zeit (5 Minuten) auf.

2. Bei der Saccharose genügt eine kurze Kochdauer, um dieselbe durch das Reagens in Invertzucker zu überführen.

3. In Objekten, welche wasserhaltig sind, respektive wo sich die Zuckerarten in der Lösung befinden, kommt es bei Erwärmen zur raschen und reichlichen Abscheidung von großen Osazonkristallen in Nadeln.

4. Die Abscheidung der Osazone in wasserarmen Objekten, insbesondere in solchen, wo die Zuckerarten in fester Form (Kristallen, Kristallmassen) enthalten sind, erfolgt eine langsame und spärliche Abscheidung von Körnchen, Sphäriten und verkümmerten Büscheln von Osazon.

5. Lävulose und Dextrose bilden auch in der Kälte mit essigsaurem Phenylhydrazin die Osazone, und zwar die Lävulose sehr schnell (in einigen Stunden), die Dextrose erst nach 24 Stunden und später.

6. Saccharose geht in der Kälte mit essigsaurem Phenylhydrazin auch nach langer Einwirkung des Reagens keine Verbindung ein und man ist somit durch unsere Reaktion imstande, im Gewebe Saccharose von Dextrose respektive Lävulose zu unterscheiden.

III. Versuche über Zuckernachweis in Pflanzengeweben.

Bei allen meinen Versuchen ließ ich in der früher angegebenen Weise entweder auf die Schnitte des Objektes das Reagens über Nacht kalt einwirken, worauf die Untersuchung am zweiten Tage erfolgte oder es wurde das Präparat durch eine halbe Stunde am kochenden Wasserbade erhitzt, gleich nach dem Erkalten unter dem Mikroskop untersucht und auch noch tags darauf geprüft.

Der Kürze halber sollen im nachfolgenden die kalt behandelten Präparate mit I, die heiß behandelten mit II bezeichnet werden.

1. Algen.

Aus dem Bassin des botanischen Gartens fischte ich Ende Oktober an einem sehr kühlen Vormittage einige Algen.

Zu Hause brachte ich dieselben in ein größeres Gefäß mit Wasser und spülte sie ab, um ein reichliches Sediment von mikroskopischen Algen zu erhalten.

Dieses zentrifugierte ich und benützte das Sediment, von welchem das Wasser fast vollständig abgegossen wurde.

Je ein Tropfen des Zentrifugates wurde mit dem Reagens gemengt, das eine Präparat bei Seite gelegt, das andere erhitzt.

Im Zentrifugate befinden sich hauptsächlich folgende Algen: *Micrasterias falcata, Scenedesmus obliquus* und *quadricanda, Docidium bacculum, Pediastrum Boryanum, Anabaena* und *Spirogyra*-Fäden sowie andere.

Außer diesen sind vorhanden einige *Navicula*-Arten, spärliche Infusorien *(Phacus* und *Euglena)*. Pflanzlicher Detritus ist nur in geringer Menge vorhanden.

I. Am zweiten Tag fallen sofort in einzelnen Zellen selbst sowie diesen anhaftende kleine, gelbliche und bräunliche, starre, lichtbrechende Tröpfchen auf (Taf. I, Fig. 2, *abc*).

Der Zellinhalt hat eine rostgelbe Farbe angenommen. Manche Zellen sind durch die Tröpfchen förmlich bedeckt.

Stellenweise kann man wahrnehmen, daß diese Tröpfchen die Neigung besitzen, sich zu vereinigen, denn es kommen Tröpfchen verschiedener Größe vor.

Am dritten Tag hat die Ausscheidung von Tröpfchen wesentlich abgenommen, dafür findet man aber im ganzen Präparate ziemlich reichliche, große Sphärokristalle, welche im durchfallenden Lichte schmutzig orangegelb, im auffallenden Lichte leuchtend gelb erscheinen (Taf. I, Fig. 2, *d, e*). Außer diesen finden sich dort, wo größere Anhäufungen von Algen vorkommen, deutliche Büschel von gelben Nadeln, welche mit den bis jetzt gesehenen Osazonen identisch waren.

Um mich davon zu überzeugen, daß es sich in diesem Falle tatsächlich um ausgeschiedenes Osazon handelt, habe ich diesen Versuch mit einer größeren Menge (1 cm^3 des Zentrifugates) durchgeführt. Nach zwei Tagen waren die Sphärite wieder zu finden.

Nun wurde das Ganze auf ein kleines Filterchen abgespritzt, zuerst das Glyzerin durch wiederholtes Nachwaschen

mit kleinen Mengen Wassers entfernt und darauf der Rückstand mit heißem Alkohol erschöpft.

Der Alkohol färbte sich intensiv gelb und hinterläßt nach Verdunsten hübsche, kleine, typische Osazonbüschel.

Eine kleine Probe der am Filter gebliebenen Algen zeigt unter dem Mikroskope, daß die früher so reichlich vorhandenen kleinen Kügelchen verschwunden sind.

II. Das heiß behandelte Präparat verhielt sich genau wie das sub I angeführte, nur erfolgte die Ausscheidung der Sphärokörner schon in einem Tage.

Bei einem anderen Versuche, welchen ich mit Algen anstellte, die ich dem Aquarium des pflanzenphysiologischen Institutes entnahm (fast ausschließlich aus *Spirogyra*-Arten mit etwas *Zygnema* und *Ullothrix* untermischt), bekam ich das Osazon nicht.

Die Veränderung durch das Reagens äußerte sich nur in einer intensiven Rotfärbung der Chlorophyllkörper.

2. Crassula imbricata (Stengelquerschnitt).

Das Grundparenchym ist dicht mit Stärke gefüllt.

I. Die Stärke bleibt intakt. In Zellen, welche dicht mit Stärke gefüllt sind, zeigt sich eine intensiv gelbe Färbung.

Zu einer Osazonbildung kommt es auch nach einigen Tagen nicht.

II. Die Stärke ist vollkommen verkleistert und schon bei Abkühlen des Präparates kommt es zur Bildung von Osazon im ganzen Grundparenchym. Die Korkschichte erfährt in beiden Fällen eine intensive Braunfärbung.

3. Canna (Blattstiel).

I. Die Cuticula sowie die an beiden Seiten der Gefäßbündel im Halbkreise angeordneten Sklerenchymelemente färben sich intensiv gelb. Nach 24 Stunden scheiden sich in dem die Gefäßbündel scheidenartig umgebenden Parenchym der Bündelhülle Wiesner's[1] (Zuckerscheide), welche als eine kontinuierliche

[1] Wiesner, Anatomisches und Histochemisches über das Zuckerrohr in Karsten, Botanische Untersuchungen, Berlin 1867, p. 113.

Hülle die Gefäßbündel umkleidet, reichliche Sphärite von Osazon ab (Taf. I, Fig. 3).

II. Die Ausscheidung des Osazons ist viel reichlicher und es lagern sich im ganzen Grundparenchym kleine Sphärite in Form von Halbkugeln an den Zellwänden ab (Taf. I, Fig. 4). Die Bündelhülle ist stellenweise durch Osazone vollgepfropft, auch in den Siebbündeln sowie auch auf denselben scheidet sich massenhaft das Osazon ab.

4. **Maranta squarrosa** (Blattstielquerschnitt).

Das Grundgewebe führt nur in den peripheren Schichten Chlorophyll, im Zentrum ist es dicht mit Stärke erfüllt.

I. Die Cuticula sowie die verholzten Elemente der im Grundparenchym zerstreuten Gefäßbündel färben sich intensiv gelb.

Zu einer Ausscheidung von Osazon kommt es auch nach einigen Tagen nicht.

II. Schon bei Erwärmen färben sich die Schnitte intensiv gelb, nach $^1/_2$ Stunde ist die Stärke fast vollkommen aufgelöst und aufgequollen.

Bei Abkühlen scheiden sich im Grundparenchym massenhaft sehr schöne Büschel oder Sphärite von Osazon ab (Taf. I, Fig. 5).

Die Cuticula sowie die verholzten Elemente werden fast orangegelb gefärbt.

Stellenweise verlaufen einzelne Gefäßbündel quer durch den Blattstiel. Bei diesen hat sich das Osazon in der Zuckerscheide ausgeschieden. Die Gefäße selbst bleiben farblos.

5. **Crassula imbricata** (Blattlängsschnitt).

I. Die Chlorophyllkörner färben sich rostrot, sonst ist keine Veränderung merkbar.

II. Es erfolgt eine reichliche Abscheidung von Osazonbüscheln und Sphäriten, welche in der Blattspitze am reichlichsten sich vorfinden.

6. Convallaria majalis (Blätter).

In einem aus Mazzon in Südtirol stammenden Herbarmateriale von *C. majalis* fand Mitlacher[1] in den Blättern, insbesondere in der Epidermis und den angrenzenden Partien des Mesophylls massenhafte, zu Büscheln vereinigte Nadeln und Krystallaggregate, welche ganze Komplexe des Blattes eingenommen haben.

Nach seinen Untersuchungen über diesen Körper gelangt Mitlacher zum Schlusse, daß es sich hier wahrscheinlich um ausgeschiedene Kristalle von Zucker handelt, welcher aus dem Glykoside (Convallarin?) durch Einwirkung von Pilzen abgespalten wurde. Er bekam tatsächlich auch in den künstlich mit Schimmelpilzen infizierten, früher von diesen Krystallen freien Blättern, in den von Pilzen ergriffenen Stellen ähnliche Ausscheidungen von Krystallnadeln.

Die Untersuchung dieser Krystalle hat ebenfalls mit größter Wahrscheinlichkeit auf das Vorhandensein von Zucker gedeutet.

Ich benützte diese Gelegenheit zur Ausführung der Phenylhydrazinprobe und bekam an den Stellen, wo früher die Kristalle vorhanden waren, eine reichliche Ausscheidung von Osazon in Büschelform. Später traf sich noch zweimal die Gelegenheit, *Convallaria*-Blätter, welche von Pilzen befallen waren, zu untersuchen.

In beiden Fällen trat an den befallenen Stellen die Probe sehr deutlich auf.

Wenn auch in dem benachbarten Mesophyll ebenfalls eine Ausscheidung von Osazon stattfand, so war dieselbe im Vergleiche zu der lokalen massenhaften Ausscheidung verschwindend klein.

7. Flores Verbasci.

Die Staubgefäße verschiedener *Verbascum*-Arten sind behaart und erscheinen mit langen, dünnwandigen, einzelligen,

[1] Mitlacher, Die zur Neuaufnahme in die achte Ausgabe der österr. Pharmakopoe in Aussicht genommenen Drogen. Pharm. Post, 1902. Hb. *Convallariae.*

keulenförmigen Haaren bedeckt, in welchen sich nach Vogl,[1] ähnlich wie in den Epithelzellen der Filamente, eigentümliche, den Sphärokristallen von Inulin gleichende, gelb gefärbte Körner vorfinden.

Die Haare sind in frischem Zustande mit einem gelben Zellsaft erfüllt, aus dem nach Eintrocknen oder nach Zusatz von Glyzerin oder Alkohol die Sphärokristalle ausgeschieden werden und nach Vogl[2] einer Zuckerart anzugehören scheinen.

Dieses für meine Untersuchungen so geeignete Objekt behandelte ich zur Entscheidung der Frage, ob es sich hier tatsächlich um Zucker handelt, in der bekannten Art und verwendete hiezu eine frische Pflanze.

I. Die Cuticula der Haare färbt sich alsbald gelb, am zweiten Tage ist eine Ausscheidung von Osazon im Lumen der Haare angedeutet, am dritten Tage sieht man sehr schön ausgebildete, meist der Wand anliegende, intensiv gelbe Sphärite (Taf. I, Fig. 6).

II. Es kommt zur Bildung von Osazon außerhalb der Haare in Form von Sphäriten und Büscheln, welche den Haaren aufliegen oder unregelmäßig im Präparate zerstreut sind.

Daß es sich hier tatsächlich um ausgeschiedenes Osazon handelt, dafür spricht vor allem die Bildung desselben außerhalb des Präparates in Büscheln bei dem heiß behandelten Objekte, die sehr intensive fast orangerote Farbe der Sphärite sowie auch ihre Löslichkeit in Alkohol.

8. Birne (sehr zuckerreiche Spielart).

I. Nach 24 Stunden befinden sich im ganzen Präparate dichte Sphärite, oft zu zwei bis drei aneinander gereiht (Taf. I, Fig. 7), außerdem amorphe, intensiv gelb gefärbte Schollen in den einzelnen Zellen (Taf. I, Fig. 8).

Die Sklerenchymnester färben sich intensiv gelb. Die Ausscheidung des Osazons ist keine übermäßige.

II. In einigen Minuten färbt sich das ganze Präparat sowie auch die dasselbe umgebende Flüssigkeit intensiv gelb, etwa

[1] A. v. Vogl, Pharmakognosie, p. 128.
[2] L. c.

in 10 Minuten ist eine deutliche Ausscheidung von gelben, schon mit freiem Auge merkbaren Körnchen sichtbar.

Nach einer halben Stunde sieht man außerordentlich große, schöne, zu den verschiedensten, meist verzweigten Formen gruppierte Nadeln (Taf. I, Fig. 9), außerdem kleinere, zu Garben vereinigte Krystalle (Taf. I, Fig. 10 *a*, *b*, *c*, *d*).

Am zweiten Tage ist die Ausscheidung des Osazons noch deutlicher geworden und die im Parenchym zerstreuten Sklerenchymnester fallen schon bei der makroskopischen Besichtigung durch ihre orangerote Farbe auf. Außer den früher erwähnten Kristallformen sind noch kleine, stark lichtbrechende, gelbe Kugeln von deutlich krystallinischer Struktur entstanden (Taf. I, Fig. 11).

Manche von ihnen zeigen in der Mitte ein dunkleres Zentrum, um welches sich ein dichtes Kristallgefüge abgelagert hat (Taf. I, Fig. 12). Häufig ist die ganze Kristallaggregation so dicht, daß die Sphärokörner fast als vollkommen homogene Kugeln erscheinen.

Die schon in der Kälte erfolgte Reaktion ist auf das Vorhandensein von Invertzucker zurückzuführen.

Da jedoch die Birne sehr beträchtliche Mengen von Rohrzucker enthält, ist es natürlich, daß die Ausscheidung der Osazone durch die in der Hitze erfolgte Umsetzung des Rohrzuckers zu Invertzucker bedeutend stärker wird. Bei vielen der nächsten Versuche wiederholt sich dieser Umstand oft.

Das Vorkommen von Saccharose neben Glykose in süßen Früchten hat Hofmeister durch die Invertinmethode häufig nachgewiesen (Birne, Apfel, Hagebutte, Johannisbrot u. v. a.).

9. Apfel.

I. Bei der kalten Behandlung der Präparate kommt es zu einer lokalen Ausscheidung von Osazon in den Parenchymzellen.

Dasselbe erscheint in Form mehr weniger deutlich ausgebildeter Sphärite, welche entweder frei in den Zellen liegen oder häufig der Zellwand in Form von Halbkugeln anhaften (Taf. I, Fig. 13).

Außer diesen findet man in manchen Zellen amorphe Schollen, wie wir sie bei dem früheren Versuche gefunden haben; stellenweise zeigen jedoch diese anscheinend amorphen Gebilde eine deutliche kristallinische Struktur und es unterliegt keinem Zweifel, daß sich diese Massen allmählich aus den Büscheln, respektive Sphäriten umgebildet haben (Taf. I, Fig. 14).

Bei schwacher Vergrößerung fällt sofort die Anhäufung des Osazons in den Bündelhüllen auf.

Die Gefäße selbst bleiben farblos.

II. Reichliche Bildung von großen Büscheln, darunter manche aus etwas breiteren, straffen Nadeln, welche oft am Rande etwas ausgebreitet sind (Taf. I, Fig. 15). Am zweiten Tage kam es zur reichlichen Bildung kleiner Büschel und Sphärite; die Spitzen mancher Nadeln zeigen köpfchenförmige Anhäufungen sehr kleiner Kriställchen (Taf. I, Fig. 16).

10. **Feige** (frisch, unreif).

I. Spärliche Abscheidung von dichten Sphärokristallen, welche häufig eine ovale oder elliptische Gestalt annehmen und nicht selten zu mehreren aneinander gereiht sind (Taf. II, Fig. 1).

Die Ausscheidung des Osazons in der Bündelhülle (Zuckerscheide) ist hier außerordentlich schön sichtbar.

II. Reichliche Ausscheidung von Sphärokristallen. Die Bündelhülle ist reichlich gefüllt mit amorphen, länglichen, oft die ganzen Zellen ausfüllenden Osazonmassen (Taf. II, Fig. 2).

Die Gefäße selbst bleiben farblos.

11. **Feige getrocknet** (Kranzfeige).

Das Objekt ist zu zähe, um Schnitte anfertigen zu können. Es wurde daher ein Stückchen Fruchtfleisch zerquetscht und mit dem Reagens behandelt.

I. Die Peripherie des Präparates ist mit mäßigen Osazonsphäriten bedeckt, außerhalb des Objektes kam es zur reichlichen Ausscheidung von großen Sphäriten.

Das Innere des Präparates erscheint gelb gefärbt, Kristalle fehlen, da das Reagens in das Präparat nicht eindringen konnte.

II. Es kommt zu einer übermäßigen Ausscheidung von Osazonkristallen, welche meist zu Büscheln vereinigt sind. Manche von diesen sind durch die massenhafte Anhäufung der Nadeln in der Mitte fast homogen und nur die am Rande herausstrahlenden Nadelspitzen lassen noch die kristallinische Struktur derselben erkennen (Taf. II, Fig. 3, *a*, *b*, *c*).

Außer diesen bildet das Osazon kleine, auf der ganzen Oberfläche grob gekörnte Kügelchen (Taf. II, Fig. 4) und vollkommen homogen erscheinende Körper, meist von kugeliger oder unregelmäßiger Gestalt, welche auch bei den stärksten Vergrößerungen keine kristallinische Struktur mehr erkennen lassen (Taf. II, Fig. 5).

Hier finden wir die Bestätigung der Vorversuche, daß die Reaktion dort, wo der Zucker in fester Form ausgeschieden ist, zuerst eines Lösungsmittels bedarf, damit die Reaktion in vollem Maße auftritt.[1]

12. Johannisbrot.

I. Das ganze Parenchym färbt sich gelb und es scheiden sich kleine, gelbe, lockere Sphärite aus.

II. Das Parenchym färbt sich intensiv zitronengelb und das ganze Präparat ist mit enorm vielen kleinen Sphäriten bedeckt, jedoch auch hier steht die Ausscheidung des Osazons mit dem für Johannisbrot angenommenen Zuckergehalt von 60% in keinem Verhältnis.

Diese Erscheinung ist ebenfalls auf den früher erwähnten Umstand zurückzuführen, daß der schon in den Früchten in Massen ausgeschiedene Zucker zuerst gelöst werden muß, damit die Reaktion vollkommen erfolgen kann.

Der Zucker kommt in den Parenchymzellen des Fruchtfleisches von *Ceratonia siliqua* in Form von eingetrockneten, durchscheinenden, den ganzen Zellraum ausfüllenden Massen oder auch Einzelkristallen vor.[2]

[1] Nach A. v. Vogl kommt in den Feigen der Zucker in Form warziger Massen ausgeschieden und beträgt bis 50%. Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genußmittel. Wien 1899, p. 233.

[2] A. v. Vogl, Pharmakognosie.

13. Rosinen.

Das Fruchtfleisch der Rosinen ist so reich an Zucker, daß dieser häufig auskristallisiert.

Derselbe scheidet sich meist in Form amorpher Körper, häufig auch in Kristallen aus, welche nicht selten zu strahligen Gruppen angeordnet sind.[1]

Zur Untersuchung benützte ich je ein kleines Stückchen des Fruchtfleisches, welchem ich die Reagentien zusetzte und mit dem Deckgläschen zerquetschte.

I. Das Objekt färbt sich alsbald an der Peripherie gelb und am zweiten Tage findet eine starke Ausscheidung von Sphäriten statt, welche sich in der das Präparat umgebenden Flüssigkeit derart abgeschieden haben, daß die kleinsten um das Objekt herum liegen und gegen die Peripherie an Größe zunehmen.

Die am Rande des Deckgläschens liegenden Sphaerite sind meist aus zwei anscheinend homogenen, orangegelben Halbkugeln gebildet, welche sehr dicht mit außerordentlich feinen, hin- und hergebogenen Nadeln bedeckt sind (Taf. II, Fig. 6 *a*, *b*).

Die früher im Präparate vorhandenen, amorph erscheinenden Zuckerkörper haben sich zuerst aufgelöst und kristallisierten in der Mitte des Präparates, wo das Reagens keinen Zutritt hatte, in großer Menge von Nadeln wieder aus.

II. In den heiß behandelten Präparaten kommt es zu einer sofortigen Bildung eines fast rotbraunen, amorphen Niederschlages. Selbst nach der Abkühlung erfolgt keine Kristallausscheidung, da das gebildete Osazon keinen Raum zur Kristallisation findet. Nur an der Peripherie des Präparates, wo die Konzentration der Lösung eine geringere ist, bilden sich sehr dichte, orangegefärbte Sphärite.

14. Dattel.

Auch im Fruchtfleische der Datteln ist der Zucker so reichlich vorhanden, daß derselbe wie bei Rosinen in amorphen Massen oder auch Kristallen vorkommt.[2]

[1] A. v. Vogl, Pharmakognosie, Abbildung p. 546 und A. v. Vogl, Die wichtigsten vegetabilischen Nahrungs- und Genußmittel. Wien 1899, p. 231.

[2] A. v. Vogl, l. c. p. 231, Abbildung.

I. Reichliche Abscheidung von kleinen Osazonkristallen, welche wie im früheren Objekte so um das Präparat zu liegen kommen, daß die kleinsten derselben im Inneren, die größeren in der Peripherie des Präparates auftreten.

Eine massenhafte Abscheidung von Osazon findet in der Zuckerscheide statt.

II. Die Abscheidung des Osazons ist so stark, daß das ganze Präparat damit vollkommen bedeckt erscheint.

15. **Kaffeebohne** (ungeröstet).

I. Am Querschnitte durch das Endosperm der Kaffeebohne färbt sich nach Behandlung mit dem Reagens die Cuticula sowie auch das den Zellwänden anliegende Fett intensiv gelb (Taf. II, Fig. 7).

Zu einer Ausscheidung von Osazon kommt es selbst nach Wochen nicht.

II. Das Fett tritt in Form von zitronengelb gefärbten Kugeln oder Tröpfchen aus dem Zellinhalte heraus. Die Bildung von Osazon bleibt auch nach Wochen aus.

Obwohl diese Arbeit bloß das Prinzip der Methode ohne Diskussion der einzelnen Fälle bringt, will ich in diesem speziellen Falle in Anbetracht des negativen Ausfalles der Phenylhydrazinreaktion auf dieses Beispiel näher eingehen.

Die Angaben über den Zuckergehalt der Kaffeebohne sind verschieden. Das Mittel beträgt 9%.

Es ist nämlich die Frage, ob der Zucker schon fertig gebildet in der Kaffeebohne vorkommt oder ob derselbe in einem Glykoside auftritt, welches erst durch Säuren, Enzyme, Hitze etc. den Zucker abgibt.

Molisch[1] glaubt, daß die von verschiedenen Seiten gemachten Annahmen, daß der Zucker hier in Form eines Glykosides vorkommt, unberechtigt sind.

Da eben aber nach Angabe desselben Autors die Fehlingsche Lösung nach kurzer Einwirkung verdünnter Salzsäure das wässerige Samenextrakt reduziert, ebenso wie ein Extrakt,

---

[1] Molisch, Grundriß einer Histochemie der pflanzlichen Genußmittel. Jena 1891, p. 10.

welches einige Minuten mit Hefe in Berührung war, ist es wohl wahrscheinlich, daß es sich hier um einen Körper glykosidischer Natur handelt, der erst, durch die Einwirkung der Säure oder eines Enzyms die Glykose abspaltend, die Reduktion ergibt.

Die kurze Dauer, welche nötig ist, um entweder durch Salzsäure oder durch Hefe die Spaltung hervorzurufen, spricht dafür, daß es sich um einen leicht spaltbaren Körper handelt.

Die Annahme von Molisch,[1] daß die rasch auftretende Raspail'sche Reaktion, welche ohne Zusatz von Zucker mit Schwefelsäure allein in wenigen Augenblicken in dem Zellinhalte des Endosperms auftritt, für ein reichliches Vorhandensein des Zuckers mit Bestimmtheit spricht, dürfte eben darin die Erklärung finden, daß durch Schwefelsäure aus dem vorhandenen Glykosid zuerst Zucker abgespalten wird und dann die Raspail'sche Reaktion auf Eiweißkörper (genau gesagt auf die einfach hydroxylierten aromatischen Gruppen im Eiweiß[2]) so verläuft, als wenn man Zucker zugesetzt hätte.

Hofmeister[3] gibt an, daß in den Kaffeebohnenschnitten vor der Inversion keine Reduktion eintritt, während nach derselben (mittels Hefeinverten) eine deutliche Reaktion zustande kommt.

Da es mir immer gelungen ist, mit meiner Methode Zucker nachzuweisen, wogegen die Reaktion bei der Kaffeebohne ausblieb, so glaube ich schließen zu dürfen, daß in derselben Zucker fertig gebildet nicht vorkommt, sondern in Form eines Glykosides.

Zum Schlusse sollen nur mehr einige ergänzende Tatsachen, welche sich bei der Durchführung dieser Reaktion herausgestellt haben, mitgeteilt werden.

Wiewohl die Phenylhydrazinprobe bei allen hier verzeichneten Objekten stets rasch erfolgte, konnte ich in einigen Fällen (es wurden etwa 100 Objekte untersucht) bemerken, daß sich etwa nach 14 Tagen sehr schöne, große, spießförmige,

---

[1] Molisch, l. c.

[2] Wiesner, Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 4. Aufl. (Wien 1898), p. 337.

[3] Hofmeister, l. c.

schmale oder abgerundete, breite Blättchen gebildet haben, welche meist zu strahligen Gruppen vereinigt waren, mitunter auch in beträchtlich dicken Kryställchen sich zu Rosetten vereinigten (Taf. II, Fig. 8, 9, 10).

Es ist höchst wahrscheinlich, daß es sich hier ebenfalls um ausgeschiedenes Osazon handelt.

Solche Krystalle haben sich unter anderen Objekten sehr schön gebildet in den Blättern von *Ginko biloba* und der Wurzel von *Daucus Carota.*

Insbesondere in den Epidermiszellen des Stengel von *Elodea Canadensis* waren nach 14 Tagen sehr schöne, manchmal den ganzen Zellraum ausfüllende Rosetten ausgeschieden (Taf. II, Fig. 11).

Auf die Veränderungen, welche bei dieser Reaktion die Chlorophyllkörper erfahren haben, bin ich nicht speziell eingegangen. Es soll nur darauf aufmerksam gemacht werden daß dieselben manchmal vollkommen unverändert bleiben und ihre schöne grüne Farbe behalten (selbst bei Erwärmen der Schnitte), manchmal aber schon in den kalt behandelten Präparaten eine rostgelbe Färbung annehmen und ein stacheliges oder körniges Aussehen bekommen.

Noch eines weiteren Umstandes darf nicht vergessen werden. Es ist die intensive Gelbfärbung, welche die verholzten Membranen durch dieses Reagens erfahren.

Diese Gelbfärbung ist sehr verschieden. Die Gefäße bleiben fast oder vollkommen farblos, das verholzte Parenchym färbt sich intensiv zitronengelb bis orangegelb, die Steinzellen fast braun.

Ob hier die Speicherung des Zuckers die Ursache der Farbe ist, bleibe vorläufig unentschieden.

Mit chemisch reinem Holzzucker bekommt man bei der Phenylhydrazinprobe in der Kälte intensiv gelbe Färbungen, in dem heiß behandelten Präparate Ausscheidung von kleinen Büscheln des Xylosazons $C_{17}H_{20}N_4O_3$.

Ebenfalls wird bei der Ausführung der Phenylhydrazinprobe die verschieden stark auftretende, blaßgelbe bis braune Färbung der cuticularisierten sowie auch der verkorkten Membranen auffallen.

Aus den mitgeteilten Versuchen geht hervor, daß wir in dem essigsauren Phenylhydrazin ein sehr brauchbares Reagens zum mikrochemischen Zuckernachweise besitzen.

Es darf erwartet werden, daß dieses Reagens sowohl von den Anatomen als auch von den Physiologen mit Vorteil zur Lösung der zahlreichen Fragen über Vorkommen, Wanderung, Umwandlung und Entstehung des Zuckers wird verwendet werden können.

Zum Schlusse erfülle ich die angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer Herrn Hofrat Prof. Dr. Julius Wiesner für die Aufforderung zu dieser Arbeit sowie für die mir erteilten Ratschläge meinen besten Dank zu sagen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

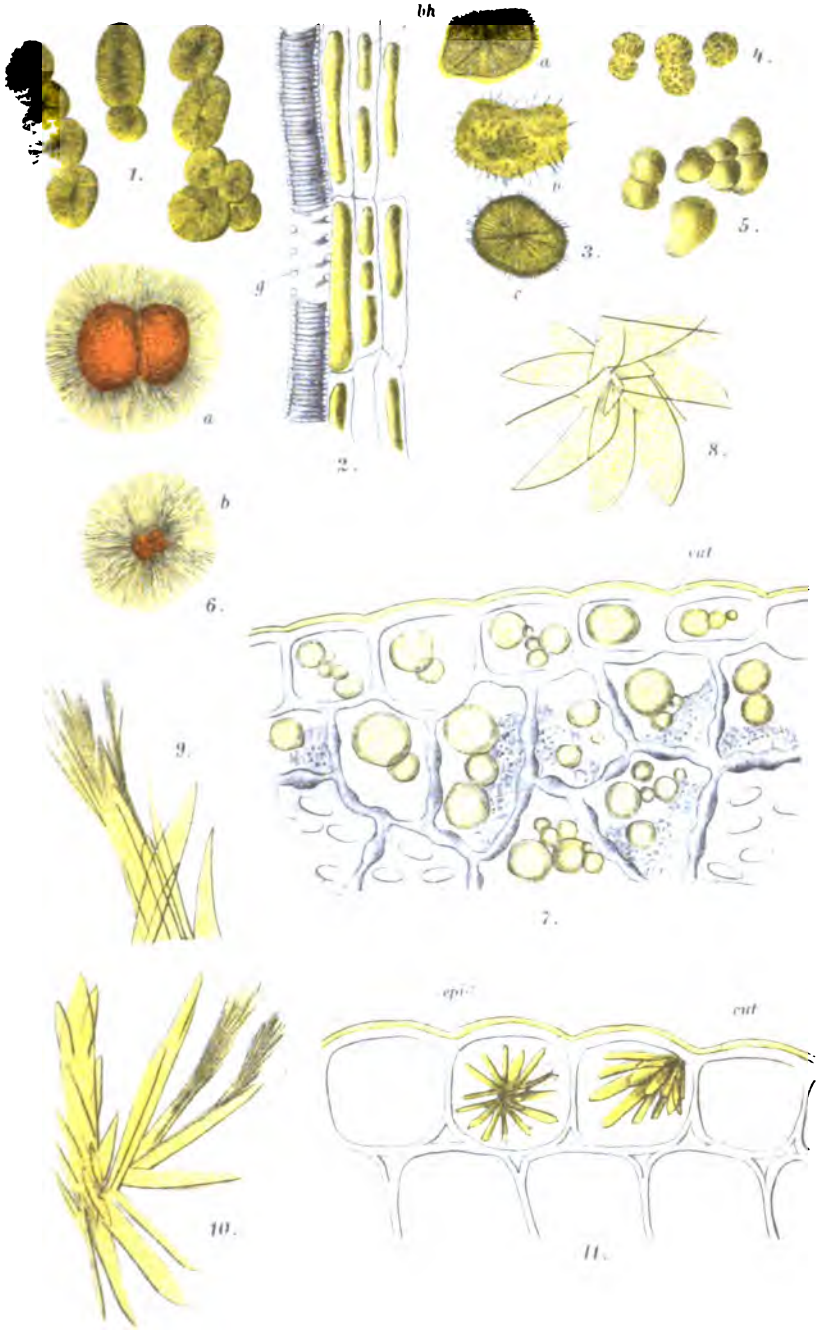
1. Kristalle von Kupferoxydul. $^{1000}/_{1}$.
2. *a Micrasterias falcata*
   b Scenedesmus quadricauda } nach Einwirkung des Reagens. $^{460}/_{1}$.
   c Scenedesmus acutus
   e, d Sphärokristalle des Osazon. $^{460}/_{1}$.
3. *Canna*. Eine Partie des Gefäßbündels vom Blatte. *scl* = Sclerenchym, *bh* = Bündelhülle mit ausgeschiedenen Osazonsphäriten. $^{350}/_{1}$.
4. *Canna*. Eine Partie aus dem Grundparenchym des Blattstieles mit an den Zellwänden abgeschiedenen Halbkugeln von Osazon. $^{350}/_{1}$.
5. *Maranta squarrosa*. Eine Partie des Grundparenchym aus dem Blattstiele mit ausgeschiedenen Osazonnadeln in Büscheln. $^{460}/_{1}$.
6. *Verbascum*. Haar mit ausgeschiedenen Osazonsphäriten. $^{350}/_{1}$.
7, 8, 9, 10, 11, 12. Birne. Verschiedene Osazonformen. $^{350}/_{1}$.
13, 14, 15, 16. Apfel. Verschiedene Osazonformen. $^{350}/_{1}$.

Tafel II.

1. Feige, frisch unreif, Osazonsphärite. $^{350}/_{1}$.
2. Feige, frisch unreif. *g* = ein Gefäß und die angrenzende Bündelhülle (*bh*) mit ausgeschiedenen Osazonmassen. $^{350}/_{1}$.
3, 4, 5. Feige, getrocknet. Verschiedene Osazonformen. $^{350}/_{1}$.
6. *a* und *b* Rosinen. Osazonformen. $^{350}/_{1}$.
7. Kaffeebohne. Eine periphere Partie des Endosperm am Querschnitte. *cut* = *cuticula*. Im Endosperm zahlreiche große durch das Reagens gelb gefärbte Fettröpfchen. $^{350}/_{1}$.
8, 9, 10. Große, breite, zu strahligen Gruppen geordnete Blättchen, welche sich nach 14tägiger Einwirkung des Reagens in den Blattschnitten von *Ginko biloba* und *Daucus Carotu* abgeschieden haben. $^{350}/_{1}$.
11. *Elodea Canadensis*. *cut* = *cuticula*, *ep* = Epidermis, in welcher sich nach 14tägiger Einwirkung des Reagens große Rosetten und zu strahligen Gruppen vereinigte Kriställchen abgeschieden haben. $^{460}/_{1}$.

E. Senft del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien

Digitized by Google



E. Senft del. Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien
Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Classe, Bd. CXIII. Abth. I. 1904.

Über partielle Hemmungs-Erscheinungen bei der Bildung einer Rückenschale von Testudo tornieri Siebenr.

von

Kustos **Friedrich Siebenrock.**

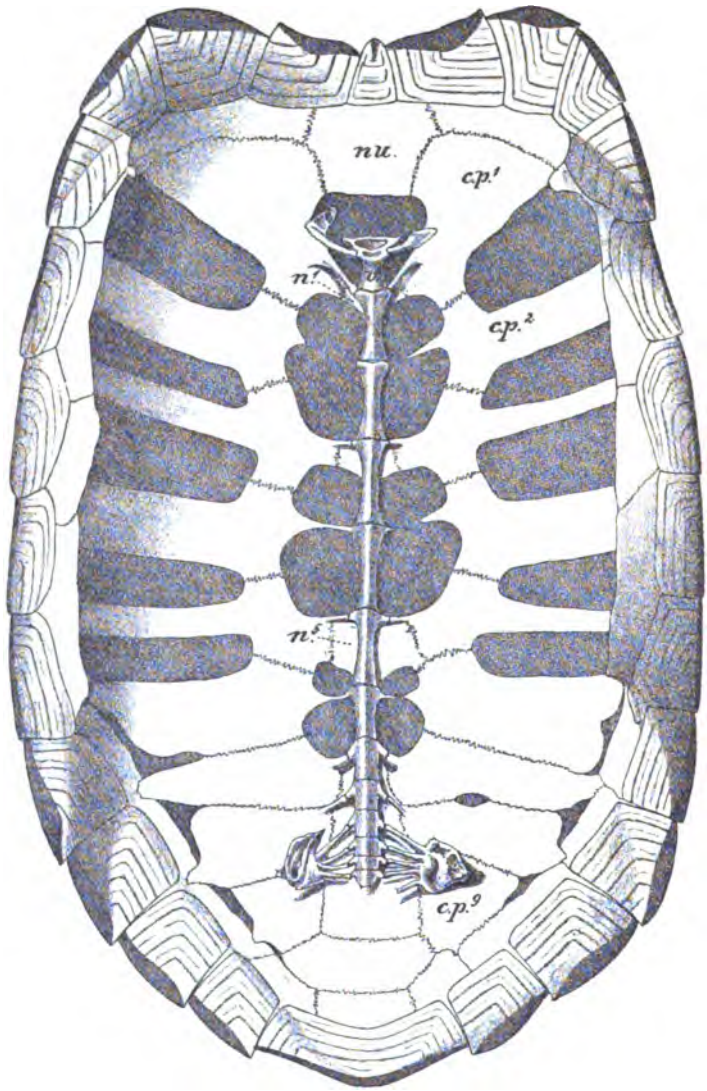
(Mit 1 Textfigur.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Februar 1904.)

Durch die Freundlichkeit des Herrn L. Müller in München erhielt ich vom dortigen Museum die Rückenschale einer jungen Landschildkröte zugeschickt, die aus Lindi in Ostafrika eingesendet wurde. Schon Müller fiel die große Ähnlichkeit dieser Schale mit der von mir beschriebenen *Testudo tornieri* (Diese Sitz.-Ber. CXII, 1903, S. 443) auf und der Vergleich derselben meinerseits mit der Type der genannten Art, welche Eigentum des Berliner Museums ist, sich aber noch in meinen Händen befindet, bestätigte die Vermutung Müllers vollständig.

Die Rückenschale besitzt eine Länge von 136 *mm* und eine Breite von 89 *mm*; sie ist auffallend niedrig und gleichmäßig gewölbt, also ohne tuberkelartige Erhöhungen. Sie stimmt in den habituellen Merkmalen mit der Type überein, ausgenommen einige Abweichungen, die teilweise auf Altersunterschiede zurückzuführen und teilweise individueller Natur sein dürften.

Erstes Vertebrale vorne breiter als hinten und winkelig vorspringend; Nuchale schmal, fast doppelt so lang als breit; Supracaudale oben durch eine Längsfurche in zwei Hälften geteilt, unten aber einfach; Hinterrand der Schale schwach, jedoch deutlich gesägt.



Testudo tornieri Siebenr. (Nach der Natur.)

Rückenschild von innen; zwischen den Knochenplatten die Fontanellen, welche dunkel gehalten sind.

*cp*1 Erste Kostalplatte	*n*1 Erstes Neurale
*cp*2 Zweite Kostalplatte	*n*5 Fünftes Neurale
*cp*9 Neunte Kostalplatte	*n u* Nuchalplatte

v Erster Wirbelkörper.

Die Färbung unterscheidet sich insoferne von der Type, als hier die dunkle Farbe prävaliert und die gelben Streifen viel schmäler und auch regelmäßiger verteilt sind als bei jener.

Einen wesentlichen Unterschied bildet die Breite der Brücke, die nicht einmal ganz zweimal, bei der Type aber zweiundeinhalbmal in der Länge der Rückenschale enthalten ist. Auch die Zahl der Marginalia ist verschieden, denn es sind nicht elf sondern zwölf Paare anwesend und von diesen treten beiderseits fünf anstatt vier mit der Brücke in Verbindung.

Sowohl die ungewöhnliche Breite der Brücke, als auch die erhöhte Zahl der Marginalia scheint nicht normal zu sein, sondern mit einer morphologischen Anomalie des Rückenpanzers im Zusammenhange zu stehen. Bei diesem sind nämlich nicht acht Paare Kostalplatten, wie es sonst der Fall ist, anwesend, sondern neun, die mit den Rippen von zehn Rückenwirbeln anstatt neun verbunden werden. Außerdem hat dieser Rückenpanzer die merkwürdige Eigentümlichkeit, daß weder die Neuralia in der normalen Zahl, noch die Kostalplatten mit Ausnahme der drei letzten Paare in ihrem ganzen Umfange entwickelt sind. Daher besteht der Rückenpanzer nicht aus einer soliden Knochenschale, sondern er bildet durch das Fehlen mehrerer Neuralia in der Mitte vier und durch die geringe Ausdehnung der sechs vorderen Kostalplatten an den beiden Seiten fünf Paare große Fontanellen, zwischen denen die genannten Knochenplatten nur als schmale Streifen erscheinen, die zur Stütze der Rückenschale dienen.

Die erste mittlere Fontanelle liegt zwischen der Nuchalplatte, den beiden ersten Kostalplatten und dem ersten Neurale, das ein kleines Knochenplättchen zwischen den letzteren darstellt. Die zweite Fontanelle, welche viel größer als die erste ist, entsteht durch das Fehlen des zweiten Neurale, hat eine sechseckige Form und wird vorne vom ersten Neurale, hinten vom dritten und beiderseits von den Querbalken der drei ersten Kostalplatten begrenzt. Sie wird vom dritten Rippenpaar, das sich mit dem zweiten Kostalplattenpaar verbindet, in zwei ungleiche Hälften geteilt. Die dritte Fontanelle gleicht der vorhergehenden nahezu an Größe und Form; sie bildet sich durch den Ausfall des vierten Neurale und durch die geringe Entwicklung

des vorhergehenden und nachfolgenden Neurale; ihre seitliche Begrenzung vermittelt das dritte bis fünfte Paar Kostalplatten. Sie wird durch das fünfte Rippenpaar ebenfalls in zwei ungleiche Hälften geteilt. Die vierte und letzte mittlere Fontanelle ist kleiner als die beiden vorhergehenden; sie verdankt ihre Entstehung dem Mangel des sechsten und siebenden Neurale und wird daher vorne vom fünften, hinten vom achten Neurale und seitlich vom sechsten bis siebenten Kostalplattenpaar umrahmt. Diese Fontanelle zerfällt in drei Teile durch das siebente und achte Rippenpaar, von denen der mittlere Teil am größten ist.

Während die mittleren Fontanellen durch den teilweisen Ausfall der Neuralia entstanden sind, bilden sich die seitlichen durch einen Hemmungsvorgang bei der Ossifikation der Kostalplatten in vollkommen symmetrischer Weise. Die letzteren erscheinen daher als mehr weniger schmale Knochenstreifen, welche sich lateral mit den Randplatten verbinden und medial einen kurzen Querbalken darstellen, womit sie sowohl unter sich als auch mit den vorhandenen Neuralia nahtweise zusammenstoßen. Die Zahl der seitlichen Fontanellen beträgt beiderseits fünf und jede derselben liegt zwischen zwei aufeinanderfolgenden Kostalplatten, so daß also die fünfte zwischen der fünften und sechsten Kostalplatte zu finden ist. Von der sechsten bis neunten Kostalplatte zeigt die Rückenschale eine normale Ossifikation mit ganz geringen Interstitien am Rande, wie sie eben bei jeder jungen Landschildkröte vorhanden zu sein pflegen. Die streifenförmigen Kostalplatten alternieren in der Breite ebenso, wie bei normal entwickelten Exemplaren und dadurch entstehen die ungleich großen Fontanellen zwischen ihnen. Die aufgelagerten Diskoidalschilder sind so angeordnet, daß ihre aneinanderstoßenden Ränder immer auf den rudimentären Kostalplatten, respektive den anwesenden Neuralia zu liegen kommen, welche ihnen als feste Rahmen dienen und die Rückenschale stützen, um sie in der Form zu erhalten.

Die mittleren und seitlichen Fontanellen werden von der Bindegewebshaut gebildet, die eben an diesen Stellen nicht zur Verknöcherung gelangt ist, denn sowohl die Neuralia, als auch die Kostalplatten verdanken derselben ihre Entstehung. Die Ossifikation der ersteren geht nach C. K. Hoffmann (Bronns

Kl. u. Ord., Bd. 6, Abt. III, *Chelonii*) von den knorpeligen Dornfortsätzen aus, welche ringsum mit einer perichondralen Knochenkruste umgeben sind. Von dieser beginnt die Bildung der Neuralia, indem die durch das Bindegewebe der Rückenhaut von einander getrennten Enden der Dornfortsätze durch Knochenbrücken miteinander verbunden werden. Die letzteren breiten sich immer mehr aus und wandeln schließlich die Dornfortsätze ganz in Bindegewebsknochen, respektive in Neuralia um.

Ein ähnlicher Vorgang vollzieht sich bei der Bildung der Kostalplatten. Um die sehr langen knorpeligen Rippen legt sich eine dünne Knochenröhre herum, die an der Außenseite des Rippenperiostes der Rückenhaut entstanden ist. Diese Knochenröhre, welche sich über die ganze Länge der Rippe erstreckt, wächst immer mehr in die Breite und bildet sich schließlich zur Kostalplatte um, indem sie die eingeschlossene Rippe resorbiert. Ihr Wachstum schreitet in der Breite nicht gleichmäßig fort, sondern sie nimmt gegen die Wirbel hin mehr zu als gegen die lateralen Enden. Daher stoßen die aufeinanderfolgenden Kostalplatten bei jungen Tieren medialwärts schon mittelst Nähten zusammen, während ihre lateralen Enden noch durch Fontanellen getrennt bleiben. Bei manchen Schildkröten aber ist dieser Zustand ein bleibender, wie z. B. bei den *Chelonidae,* weshalb ihre Rückenschale ein primitives Stadium in ihrer Verknöcherung darstellt.

Da nun an der Rückenschale von *Testudo tornieri* Siebenr. mehrere Neuralia gar nicht zur Ossifikation gelangt sind und die vorderen Kostalplatten mit Ausnahme eines kleinen Querbalkens nur schmale Knochenstreifen bilden, die fast in ihrer ganzen Ausdehnung durch die nicht verknöcherte Bindegewebshaut getrennt werden, so zeigt dieselbe sowohl partielle Hemmungserscheinungen, als auch ein sehr primitives Stadium in der Bildung des Hautskelettes.

In der Beschreibung der Type wird von mir c. l. erwähnt, daß die Schale des getrockneten Tieres ziemlich weich und flach gedrückt ist, was ich entweder einer unzweckmäßigen Konservierungsmethode oder einem pathologischen Zustande zuschreiben zu müssen glaubte. Vielleicht ist die Type mit

einem ähnlichen Bildungsfehler der Schale behaftet, wie beim hier besprochenen Exemplare. Diese Erscheinung ist umso merkwürdiger, als gerade bei den *Testudo*-Arten sonst der Rückenpanzer schon frühzeitig zu verknöchern beginnt.

Untersuchungen über die Lichtlage der Laubblätter.

I. Orientierende Versuche über das Zustandekommen der Lichtlage monokotyler Blätter

von

Dr. **K. Linsbauer.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Februar 1904.)

Einleitung.

Obgleich das Problem der Orientierungsbewegungen der Blätter bereits vielfach und vielseitig erörtert wurde, kann es doch keineswegs als gelöst betrachtet werden, was schon daraus erhellt, daß die herrschenden Anschauungen über das Zustandekommen der Lage der Blätter gegenüber dem Lichte dieselben Gegensätze erkennen lassen, welche bereits vor drei Dezennien hervortraten, als man sich mit dieser Frage eingehender zu beschäftigen begann, wenngleich sich in neuester Zeit die Stimmen zu Gunsten der Frank'schen Theorie zu mehren scheinen.

Der Kernpunkt des Problems liegt in der Beantwortung der Frage: Beruht die Annahme der fixen Lichtlage der Blätter, worunter wir mit Wiesner die bestimmte Orientierung derselben gegenüber der Richtung des einfallenden Lichtes verstehen, auf einer Kombinationswirkung mehrerer orientierend wirkender Ursachen oder ist sie vielmehr das ausschließliche Ergebnis des Transversalheliotropismus, genauer gesagt, einer »spezifischen

Organisation« der Blätter, derzufolge sie sich im Gleichgewichte befinden, wenn ihre Lamina einen bestimmten Winkel mit den einfallenden Lichtstrahlen bildet?

In ähnlicher Weise wurde die Frage zumeist und, wie ich glaube, mit Recht formuliert. Nur Krabbe (VI, p. 214) vertritt einen etwas abweichenden Standpunkt. Er sieht in der Lichtstellung der Laubblätter in jedem Falle eine Kombinationswirkung, da nicht anzunehmen ist, »daß bei der von Frank vorausgesetzten besonderen Wirkungsweise des Lichts die übrigen Richtkräfte wie Epinastie und Schwere, außer Wirkung treten; ....es fragt sich nur, ob in dieser Kombination außer dem Licht auch den übrigen Kräften ein maßgebender Einfluß auf die Blattbewegungen zukommt oder ob dieselben gegenüber der Wirkung des Lichtes zu vernachlässigen sind. Wie dem auch sein mag, eine Gleichgewichtslage zwischen den einzelnen Kräften bleibt die Lichtstellung in allen Fällen«.

Im wesentlichen tritt auch in dieser Fassung der bereits oben dargelegte Gegensatz zu Tage; denn wenn eine Kraft — in unserem Falle das Licht — einen so maßgebenden Einfluß auf die Blattlage ausübt, daß die übrigen orientierenden Ursachen vernachlässigt werden können, handelt es sich im Grunde doch um keine Kombinationswirkung. Hingegen muß betont werden, daß die Existenz des Transversalheliotropismus noch nicht widerlegt ist, falls man sich für die Annahme entscheidet, daß die Lichtlage das Resultat des Zusammenwirkens mehrerer Kräfte ist, da der Transversalheliotropismus immerhin eine Komponente, wenn auch nicht die allein ausschlaggebende sein könnte.

Ich halte es nicht für überflüssig, an dieser Stelle einen kurzen orientierenden Überblick über die Entwicklung und den heutigen Stand unserer Frage zu geben, da ich beabsichtige, der vorliegenden Untersuchung, welche in mehrfacher Hinsicht nur den Charakter einer Vorarbeit an sich trägt, weitere Untersuchungen über diesen Gegenstand folgen zu lassen und ich schon von vornherein genötigt bin, zu gewissen theoretischen Anschauungen und zur Auffassung verschiedener Termini Stellung zu nehmen. Hier sollen zunächst die Anschauungen über das Zustandekommen der Lichtlage referiert werden,

soweit dazu nicht Torsionen erforderlich sind, da ich auf letztere in einem späteren Kapitel zu sprechen kommen werde.

Frank verstand unter Transversalheliotropismus eine durch das Licht verursachte Wachstumsbewegung, deren Ziel diejenige Stellung ist, in welcher »ein bestimmter transversaler Durchmesser des Organs« mit der Richtung, in welcher das Licht wirkt, zusammenfällt. Infolge dieser Bewegung stellen sich die Blätter senkrecht zur Richtung des einfallenden Lichtes (IV, p. 77).

Wiesner (XVIII, II. T., p. 41) präzisierte auf Grund eingehender Beobachtungen die Lage der Blätter zum Lichte noch genauer, indem er zeigen konnte, daß sich die Blätter in der Regel senkrecht auf die Richtung des stärksten diffusen Lichtes stellen. In gewissen Fällen kann jedoch auch eine Orientierung der Lamina schräg zur Einfallsrichtung des Lichtes zu stande kommen, ein Verhältnis, welches er als »ungünstige fixe Lichtlage«[1] bezeichnete (XVIII, II. T., p. 45).

Darwin erkannte gleichfalls, daß sich die Blätter nicht immer senkrecht zur Einfallsrichtung des Lichtes stellen, mit anderen Worten, daß durch die Annahme eines Transversalheliotropismus jene Fälle nicht erklärt werden, in welchen kräftig insolierte Blätter »ihre Ränder dem Lichte aussetzen« (I, p. 379). Das Zustandekommen dieser Blattlage führte er infolgedessen auf eine andere Richtungsursache, den »Paraheliotropismus« zurück, während er dementsprechend den Frank'schen Terminus durch den Begriff »Diaheliotropismus« ersetzte. Erst Fr. Darwin (II) suchte die Berechtigung der Annahme eines Transversalheliotropismus auf experimentellem Wege mit Zuhilfenahme des Klinostaten zu begründen.[2]

Zu wesentlich demselben Standpunkte gelangten später Vöchting und Krabbe, welchen eine Reihe wichtiger Aufschlüsse über die Orientierungsbewegungen der Blätter zu danken sind.

---

[1] Wiesner zeigte später, daß eine solche Lichtlage an »aphotometrischen« und »panphotometrischen« Blättern einzutreten pflegt, während sich »euphotometrische« Blätter stets genau normal zur Richtung des stärksten diffusen Lichtes des dem Blatte zu Gebote stehenden Lichtareals orientieren (XX).

[2] Die Originalarbeit Fr. Darwin's war mir leider unzugänglich.

Vöchting (XVI) kam auf Grund seiner Versuche mit Malvaceen, deren Blätter durch den Besitz von Blattgelenken ausgezeichnet sind, zu der Anschauung, daß die Stellung der Blattlamina allein durch das Licht bedingt wird. Der Blattfläche soll überdies ein Transversalgeotropismus oder wie ihn Vöchting nennt, Horizontalgeotropismus zukommen, der aber anscheinend während des täglichen Beleuchtungswechsels nicht zur Geltung kommt. Ganz abweichend hievon verhält sich der Blattstiel, dessen Lage hauptsächlich durch negativen Geotropismus und Epinastie zu stande kommt, wobei letztere durch intensive Beleuchtung noch verstärkt werden kann. Das Blattgewicht hat auf die Stellung der Blätter von Malvaceen und wohl auch vieler anderer Gewächse keinen Einfluß; hingegen dürften verschiedene »innere« Bedingungen, z. B. Rektipetalität, die Lage des Blattes beeinflussen. Besonders verdient die Tatsache hervorgehoben zu werden, daß bei den Malvaceen zwischen Blattlamina, Gelenk und Stiel »innere Wechselbeziehungen« bestehen, insofern als die zur Lichtstellung der Spreite erforderlichen Bewegungen des Gelenkes und des Blattstiels von der Lamina bestimmt und reguliert werden.

Krabbe (VI) entscheidet sich im allgemeinen gleichfalls für die Annahme einer besonderen heliotropischen Eigenschaft der Blätter, welche deren Lichtstellung bedingt. Ich will hier nicht von dem Versuche Krabbe's sprechen, die Notwendigkeit dieser Anschauung gewissermaßen mathematisch zu begründen, da mir die Berechtigung einer auf willkürlichen Annahmen aufgebauten Beweisführung von vornherein zweifelhaft erscheint. Um so mehr Interesse beansprucht der experimentelle Teil vorliegender Untersuchung. Krabbe fand bei sämtlichen untersuchten Blättern, daß die Bewegungen, welche zur fixen Lichtlage führen, ausschließlich in der oberen Blattstielregion ausgeführt werden, wenngleich die Epinastie, wie es vielfach der Fall ist, auf die untere Blattstielregion beschränkt ist. Stets ist es aber das Licht, »welches die Blätter in eine bestimmte Lage zum Lichte bringt und sie in dieser festhält«. Allerdings muß Krabbe zugeben, daß die Lichtlage der im oberen Blattstielteile stark epinastischen Blätter bei Ausschluß einseitiger

Gravitationswirkung »gewissermaßen einen anderen Charakter« annimmt. »Das (vordere) Blatt geht infolge der epinastischen Krümmung nicht selten über die fixe Lichtlage hinaus; und wenn dasselbe durch das Licht auch wiederum gehoben wird, so ist das letztere doch selten im stande, die epinastische Krümmung des oberen Stielteiles und der Blattfläche vollständig auszugleichen« (p. 247). Das heißt offenbar, am Zustandekommen der fixen Lichtlage dieser Blätter haben — normale Verhältnisse vorausgesetzt — auch Epinastie und negativer Geotropismus Anteil. Trotzdem erklärt der Autor, daß die Bewegungen, welche zur fixen Lichtlage führen, sich »unter der völligen Herrschaft des Lichtes« abspielen, sobald sie sich in einer Ebene vollziehen. Nur wenn zur Gewinnung der fixen Lichtlage Torsionen erforderlich sind, muß auch die Hilfe von Epinastie und negativem Geotropismus in Anspruch genommen werden. In diesen Fällen ist aber die eigentliche Lichtlage, worunter »das Aufhören der Bewegung in einem bestimmten Moment« verstanden wird, wiederum eine besondere Wirkung des Lichtes.

Es muß übrigens betont werden, daß sich Krabbe nur dann berechtigt hält, von einer Kombinationswirkung mehrerer Faktoren zu sprechen, wenn die Angriffspunkte der einzelnen Komponenten in derselben Blattregion liegen. Ich glaube, daß zu einer solchen Einschränkung des Begriffes kein zwingender Grund vorliegt. Ich werde vielmehr immer dann von einer Kombinationswirkung sprechen, sobald eine bestimmte Organlage nur dadurch zu stande kommt, daß auf dasselbe mehrere Bewegungsursachen einwirken, gleichgiltig, ob sie an verschiedenen Organteilen oder sogar zeitlich getrennt zur Wirksamkeit kommen. Im Gegensatze zu den Resultaten, welche Vöchting mit Malvaceen erzielte, konstatierte Krabbe, daß bei *Phaseolus* die Bewegungen des Blattstiels ganz unabhängig von der Spreite vor sich gehen. Ebenso fand Rothert (XI, p. 121) an den Primärblättern von *Tropaeolum*, daß »die Beleuchtung der Lamina ohne Einfluß auf die Krümmung des Stiels« ist.

Auch Oltmanns (IX, p. 257) führt die verschiedenen Lagen der Blätter auf ausschließliche Wirkung des Lichtes

zurück. Geotropismus, Epinastie etc. vermögen zwar unverkennbar die Bewegungen, welche zur fixen Lichtlage führen, zu beeinflussen, eventuell zu unterstützen; »das Endresultat, kurz gesagt den Einfallswinkel« vermögen sie nicht zu alterieren. Über die Lichtwirkung selbst äußert sich der Autor an einer anderen Stelle seiner bekannten Arbeit (p. 251) folgendermaßen: »Nachdem ich gezeigt habe, daß alle[1] dorsiventralen Organe bei hohen Intensitäten Profil-, bei schwachen Flächenstellung und bei mittleren schräge Lagen einnehmen, daß also alle Blätter etc. jederzeit sowohl diaheliotropisch als auch paraheliotropisch sind, erscheint es zweckmäßig, eine neue Bezeichnung einzuführen. Ich möchte das Wort Plagiophototrophie einführen und damit die Tatsache zum Ausdrucke bringen, daß alle dorsiventralen Organe eine besondere Lage zum Lichte einnehmen. .....« Der Begriff der Plagiophototrophie soll jedoch, wie aus den späteren Ausführungen des Verfassers hervorgeht (l. c. p. 257), mehr als ein tatsächliches Stellungsverhältnis der Blätter zum Lichte bezeichnen, er ist der Ausdruck der »spezifischen Fähigkeit« der Blätter, »sich in eine bestimmte Lage zum Lichte zu versetzen und in dieser zu verharren.....«.

Um die Wirkungsweise dieser »Plagiophototrophie« kennen zu lernen, ist es nötig, die Beispiele, auf welche sich Oltmanns stützt, näher ins Auge zu fassen. Er beobachtete vor allem, daß der Winkel, welchen die Blättchen von *Robinia* und *Phaseolus* sowie die Blätter von *Tropaeolum*[2] mit der Einfallsrichtung des Lichtes einschließen, mit zunehmender Lichtintensität verkleinert wird, eine Erscheinung, welche als »ganz allgemeine Eigenschaft dorsiventraler Organe überhaupt« hingestellt wird. Der Verfasser rechnet nicht allein diejenigen Fälle hieher, bei welchen die Profilstellung durch eine Krümmungsbewegung der Blätter in ihrer Medianebene, sei es mit oder

[1] Die Verallgemeinerung dieser Versuchsergebnisse auf alle dorsiventralen Organe scheint mir doch zu weit zu gehen.

[2] Bei *Tropaeolum* gelang es Oltmanns zwar nicht, volle Profilstellung zu erhalten, doch »könnte man die Intensität des Lichtes hinaufschrauben, so würde man, daran ist nicht zu zweifeln, volle Profilstellung erzielen«.

ohne Gelenk, erzielt wird, sondern auch die Kompaßpflanzen, welche unter gewissen Beleuchtungsverhältnissen durch Torsion in die Profilstellung übergehen können. Ferner sind verschiedene Erscheinungen hieher zu zählen, auf welche bereits Wiesner (XXI) und Stahl aufmerksam gemacht hatten, wie Faltung der Blätter im Medianus, Anschmiegen der Blättchen von *Calluna* an den Stamm bei starker Insolation etc. Eine Erklärung, wie es denkbar ist, daß so verschiedenartige Bewegungserscheinungen, Krümmungen, Torsionen und Faltungen der Blätter, auf die Wirkung der postulierten Plagiophototrophie allein zurückgeführt werden können, hat Oltmanns nicht versucht.

Wenngleich jedoch die Berechtigung des Terminus Plagiophototrophie im Sinne einer spezifischen Lichtempfindlichkeit der dorsiventralen Blätter, wie ich glaube, angezweifelt werden kann, weshalb ich mich desselben in vorliegender Arbeit nicht bedienen werde, so bestätigen jedenfalls Oltmanns' einschlägige Versuche den entscheidenden Einfluß des Lichtes auf die Orientierungsbewegungen der Blätter.

Schwendener und Krabbe (XIV, p. 337 f.) sprechen sich gleichfalls gegen die Annahme einer Kombinationswirkung verschiedener Richtkräfte zur Erklärung der Lichtlage aus, da in den Versuchen von Fr. Darwin, Vöchting und Krabbe die Lichtlage auch auf dem Klinostaten eintrat. Es ist übrigens zu betonen, daß Fälle, in welchen die Lichtlage ohne Beteiligung von Epinastie und Schwerkraft angenommen wird, nicht ohneweiters als Beweise für die Existenz des Transversalheliotropismus herangezogen werden können, da die Lichtstellung der Blätter in diesen Fällen auf einer kombinierten Wirkung der Photonastie mit positivem oder negativem Heliotropismus oder mit spontanen Nutationen beruhen könnte.

Ehe ich die Anschauungen derjenigen Physiologen auseinandersetze, welche sich gegen die Frank'sche Erklärung der Blattlage entschieden, muß ich eines Vorwurfes gedenken, welcher gegen die Anhänger dieser Richtung erhoben wurde. Es wurde nämlich hervorgehoben, daß dieselben nur einzelne Bewegungsursachen der Blätter aufzeigten und die Behauptung aufstellten, daß die Kombination derselben zur Lichtstellung

führe, ohne zu erklären, wie dieses Zusammenwirken sowie die Tatsache zu verstehen sei, daß die Gleichgewichtsstellung der jeweiligen günstigsten Lichtlage entspricht.

Wenngleich ein solcher strikter Beweis nicht erbracht wurde, so ist die genannte Anschauung doch von vornherein nicht abzulehnen. Der verlangte Beweis kann solange nicht geführt werden, als wir, wie bereits de Vries hervorhob, die als tätig angenommenen Kräfte nur ihrer Qualität und nicht auch ihrer Quantität nach erkennen. Dazu kommt, daß wir in den meisten Fällen nicht wissen, ob und inwieweit ein Korrelationsverhältnis zwischen den verschiedenen Reizeffekten besteht. Trotzdem müssen wir uns zur Annahme einer Kombinationswirkung verschiedener Kräfte entschließen, sobald die Lichtlage bei Ausschaltung eines oder mehrerer orientierend wirkender Faktoren nicht mehr in derselben Weise zu stande kommt wie bei der Wirksamkeit aller in Betracht kommenden Kräfte.

Gegen die Frank'sche Lehre erhob bekanntlich zuerst de Vries (XVII) energische Einsprache. Die Richtung bilateralsymmetrischer Organe ist nach seiner Auffassung bestimmt durch innere und äußere Ursachen. Jene äußern sich in einem verstärkten Längenwachstum der Organoberseite (Epinastie) — der gewöhnliche Fall bei sich entfaltenden Blättern — oder der Organunterseite (Hyponastie). Von den äußeren Ursachen kommen Schwerkraft und Licht in Betracht. Die erstere kommt in Form von negativem Geotropismus oder von Lastwirkung zur Geltung. Diese übt jedoch ebenso wie der positive Heliotropismus, der übrigens an Blättern oft nicht zu beobachten ist, auf die Richtung der Pflanzenteile nur eine geringe Wirkung aus.

Hatte Frank die Bedeutung des Lichtes für das Zustandekommen der Blattlage zu hoch angeschlagen, so unterschätzte de Vries diesen jedenfalls bedeutsamen Faktor, worauf bereits Wiesner (XIX, p. 110) mit gutem Rechte hinwies. Dieser Forscher räumt dem Lichte unter allen Richtungsursachen eine entscheidende Stellung ein. Die Lichtlage der Blätter beruht nach dessen Auffassung (XVIII, II. T., p. 50 ff.) auf einem Zusammenwirken von negativem Heliotropismus und negativem

Geotropismus. Wie aber so häufig anscheinend einfache vitale Vorgänge bei näherer Analyse auf ein Ineinandergreifen komplizierter Prozesse zurückgeführt werden müssen, so denkt sich Wiesner auch die Annahme der fixen Lichtlage als einen verwickelten Bewegungskomplex. Neben den bereits genannten Bewegungsursachen wirken auch positiver Heliotropismus (der Blattunterseite) und Eigengewicht, zumeist allerdings in untergeordneter Weise an der Blattorientierung mit. Dem Lichte fällt überdies neben der heliotropischen noch eine andere Wirkung zu; es verstärkt die Biegungsfestigkeit der beleuchteten Seite — zumeist der Oberseite — und bewirkt dadurch ein Verharren des Blattes in der günstigsten Lichtstellung (XXII).

Sachs (XII) schließt sich enge an die Beobachtungen von de Vries an. Seine Auffassung bedeutet aber insofern einen wesentlichen Fortschritt, als er der Bedeutung des Lichtes Rechnung trug. Er konstatierte in gewissen Fällen die Abhängigkeit der Epinastie vom Lichte und führte infolgedessen die Lage dorsiventraler Organe, zunächst des Marchantia-Thallus, auf das Zusammenwirken von negativem Geotropismus, positivem Heliotropismus der Unterseite und Epinastie zurück, welch letztere in diesem Falle auf der Wirkung des Lichtes beruht.

Die Stellung, welche Pfeffer (X, p. 292) in dieser Frage einnimmt, ergibt sich wohl am klarsten aus folgender Stelle seines Handbuches: »Tatsächlich dürften in dorsiventralen Organen, deren Stellung auch von der Empfindlichkeit gegen Licht abhängig, Heliotropismus und Photonastie zumeist, vermutlich aber in einem spezifisch ungleichen Grade zusammenwirken. Tiefere Einsicht gestatten die bisherigen Erfahrungen noch nicht, indes reichen sie aus, um zu zeigen, daß .... viele Blätter u. s. w. heliotropisch empfindlich sind, jedoch auch Photonastie ..... mitwirkt, um die Fläche plagiotroper Organe in einen für Beleuchtung günstigen Winkel gegen das einfallende Licht zu stellen.«[1]

[1] Aus dieser und anderen Stellen erhellt auch, wie ich glaube, daß Pfeffer nicht ohneweiters als »Verteidiger des Frank'schen Transversalheliotropismus« hingestellt werden kann (siehe Vöchting), wenngleich er diesen Terminus unter gewissen Umständen als vorteilhaft akzeptiert.

Ich begnüge mich, an dieser Stelle die verschiedenen Ansichten über das Zustandekommen der fixen Lichtlage in Kürze skizziert zu haben, da ich auf die Untersuchungen, welche einzelne Orientierungsbewegungen zum Gegenstande haben, in den diesen gewidmeten Abschnitten näher eingehen werde. Daß man trotz eingehender experimenteller Studien zu so widerspruchsvollen Resultaten gelangte, mag zum Teile auf zwei Ursachen zurückzuführen sein. Einerseits operierten die verschiedenen Forscher nicht immer mit denselben Pflanzen, verallgemeinerten vielmehr häufig die an einigen Objekten gewonnenen Resultate; andrerseits wählte man aus naheliegenden Gründen mit Vorliebe solche Pflanzen zu den Versuchen aus, welche die fixe Lichtlage möglichst deutlich und rasch einnehmen, welchen Forderungen besonders gestielte, womöglich durch den Besitz von Gelenken ausgezeichnete Dikotylenblätter am besten entsprachen. Die Lichtlage nicht gestielter Blätter der Mono- und Dikotylen hingegen wurde nur in ganz vereinzelten Fällen eingehender untersucht. Und doch ist es nicht unwahrscheinlich, daß gerade an diesen, durch eine wenig vorgeschrittene Arbeitsteilung charakterisierten Blättern die Bewegungen, welche zur Annahme der fixen Lichtlage führen, leichter und sicherer analysiert werden können als bei hoch differenzierten Blättern, bei welchen auf die Bewegungen der Spreite, des Blattstiels und der Gelenke eventuell auch auf eine korrelative Einwirkung der Blatteile aufeinander Rücksicht genommen werden muß.

Es war daher ein naheliegender Gedanke, das Verhalten der einfacheren Typen der monokotylen Blätter genauer zu untersuchen. Mein Ziel bestand einstweilen vornehmlich darin, die Wirksamkeit der einzelnen dabei in Betracht kommenden Orientierungsursachen zu erkennen und die Annahme der diesen Blättern eigentümlichen Lichtlage so weit als möglich aufzuklären. Dabei handelte es sich wieder zunächst um die Frage, ob den genannten Blättern transversalheliotropische Eigenschaften zuzuschreiben sind, wie dies von Seite Frank's geschah. Ein tieferes Eindringen in das Wesen der einzelnen Bewegungsursachen lag zunächst nicht im Plane dieser Untersuchung, die nur als Vorarbeit beurteilt sein will. Hingegen

unterließ ich es nicht, auf einzelne besonders wichtige Detailfragen, welche sich im Laufe der Untersuchung ergaben, hinzuweisen. Sie werden zum Gegenstande spezieller Beobachtungen gemacht werden.

Als Versuchspflanzen benützte ich einige Monokotyle mit radiär oder isolateral gebauten Blättern, hauptsächlich jedoch solche mit grundständigen, ungestielten, bandförmigen Blättern (Flachblättern) von isolateralem oder dorsiventralem Baue, wie sie so häufig bei Liliaceen und Amaryllideen angetroffen werden.[1] Meine Versuche wurden in der Zeit von Dezember 1902 bis Ende Juni 1903 durchgeführt. Ich hatte mich dabei vielfach des bewährten Rates meines hochgeschätzten Lehrers Herrn Hofrates J. Wiesner zu erfreuen, welcher meine Versuche mit stetem Interesse verfolgte und mir hiezu die reichen Mittel seines Institutes in zuvorkommendster Weise zur Verfügung stellte, wofür ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank ausspreche.

Heliotropismus.

Den Blättern wurde von verschiedenen Autoren positiver, negativer und Transversal- (Dia-) Heliotropismus zugeschrieben. In diesem Abschnitte soll nur von den beiden erstgenannten Reaktionsformen die Rede sein.

Was zunächst den positiven Heliotropismus der Blätter betrifft, so wurde er von einer Reihe von Forschern (Sachs, Hofmeister, Vries, Wiesner u. a.) an zahlreichen Blättern experimentell festgestellt. Hingegen ist die Frage, ob er beim Zustandekommen der fixen Lichtlage eine Rolle spielt und worin diese eventuell besteht, nicht völlig sichergestellt. Die meisten Autoren halten ihn für viel zu gering, als daß ihm in dieser Hinsicht eine nennenswerte Bedeutung zufallen sollte. De Vries konnte ihn an vielen Blättern überhaupt nicht nachweisen, fand ihn aber sonst so unbedeutend, daß er die Epinastie nicht zu überwinden vermag. Sachs hält ihn gleichfalls im

[1] Gramineen, die bezüglich ihres heliotropischen Verhaltens eine teilweise Bearbeitung durch Rothert erfahren haben, schloß ich von meinen Versuchen aus, da Untersuchungen hierüber demnächst von W. Figdor veröffentlicht werden sollen.

allgemeinen für gering und schreibt nur den Monokotylen einen stärkeren Heliotropismus zu. Wiesner führte hingegen den Nachweis, daß der Effekt des positiven Heliotropismus unter gewissen Bedingungen sowohl bei sitzenden als auch bei gestielten Blättern beträchtliche Werte erreichen kann. Dies ist der Fall zur Zeit des stärksten negativen Heliotropismus sowie an etiolierten Blättern. Wiesner betrachtet speziell die Blattunterseite als positiv heliotropisch. Der positive Heliotropismus besitzt insoferne eine Bedeutung für die Gewinnung der fixen Lichtlage, als er bei geringer Lichtintensität den negativen Geotropismus bei der Aufrichtung der Blätter unterstützt. Im allgemeinen fällt ihm aber auch nach Wiesner keine wesentliche Aufgabe zu. Der genannte Forscher äußert sich hierüber, indem er seine Anschauungen über das Zustandekommen der Blattlage zusammenfaßt: »In erster Linie ist es das Entgegenwirken von negativem Heliotropismus und negativem Geotropismus, welches die fixe Lichtlage bedingt. Das Gewicht des Blattes und der positive Heliotropismus spielen dabei nur eine untergeordnete Rolle (XVIII, II. T., p. 58).

Daß gewisse Blätter sehr energische heliotropische Krümmungen ausführen können, lehren auch die Versuche Rothert's (XI) mit Gramineenkotyledonen und *Allium*-Blättern. Auf die letztgenannten Experimente werde ich an anderer Stelle zurückkommen. Die Beobachtungen über heliotropische Krümmungen von Blattstielen will ich jedoch ganz übergehen, da ich nur mit ungestielten Blättern operierte.

Ich habe hier noch eines besonderen Falles heliotropischer Blattkrümmungen zu gedenken, welchen, abgesehen von einer gelegentlichen Beobachtung Sachs' bei *Fritillaria imperialis* (XIII, p. 746), zuerst Wiesner eingehender untersuchte (XVIII, II. T., p. 48; XX). Er machte auf eine Reihe von Fällen aufmerksam, in welchen sich Blätter unter dem Einflusse einseitig einfallenden Lichtes sichelförmig der Lichtquelle zuwenden. Sie nehmen gegenüber dem Oberlichte stets die fixe Lichtlage an, während sie vom Vorderlichte derart heliotropisch beeinflußt werden, daß ihr beleuchteter Rand konkav, ihr Schattenrand konvex wird. Wiesner fand solche Sichelkrümmungen bei *Campanula persicifolia*, *Knautia silvatica*,

Succisa pratensis, Stellaria graminea, uliginosa und *glauca, Taraxacum* (Rosettenblätter) sowie in besonders schöner Weise ausgeprägt an den Keimblättern von *Abies pectinata.*[1] Wie ich einer persönlichen Mitteilung Herrn Hofrates Wiesner verdanke, beobachtete er in der Folge dieselbe Erscheinung noch an: *Moehringia muscosa, Melampyrum silvaticum* und *Gentiana asclepiadea.*

Abgesehen von diesen Beobachtungen ist mir aus der Literatur nur noch ein ähnlicher Fall bekannt geworden, den Rothert (XI) mitteilt. Er betrifft die Blätter im Dunkeln gezogener Zwiebel von *Allium Cepa.* Die infolge Lichtmangels flach gebliebenen Spreiten krümmen sich sowohl mit ihrer breiten Fläche als auch mit der Schmalseite gegen die Lichtquelle. In letzterem Falle ist jedoch der Effekt ein sichtlich geringerer, was auf den Krümmungswiderstand zurückgeführt wird.

Im übrigen schenkte man dieser Form der heliotropischen Krümmung keine weitere Beachtung, so daß weder ihre Verbreitung studiert, noch untersucht wurde, ob ihr eine besondere Bedeutung zukommt.

Bezüglich des negativen Heliotropismus der Blätter gehen die Ansichten der verschiedenen Forscher weit auseinander. Hofmeister war der erste, welcher den Blättern negativ heliotropische Eigenschaften zuschrieb. Er führte das stärkere Wachstum der Blattoberseite im Lichte, auf welchem die Ausbreitung der Blätter und die fixe Lichtlage beruht, auf negativen Heliotropismus zurück. De Vries hingegen leugnete die negativ heliotropische Empfindlichkeit der Blätter gänzlich. Das verstärkte Wachstum der Blattoberseite galt ihm als ein Fall von (longitudinaler) Epinastie. Sachs zeigte wohl, daß diese Epinastie in vielen Fällen vom Lichte abhängig ist. Dem gegenüber betonte jedoch Wiesner mit Recht, daß die Ausdrücke Epi-, beziehungsweise Hyponastie nur in dem Falle Berechtigung haben, wenn sie ein von äußeren Faktoren völlig unabhängiges ungleichseitiges Wachstum bezeichnen. Die vom Lichte abhängige Epinastie, wie sie bekanntlich z. B. bei Wurzelblättern

[1] Abgebildet in XVIII, II. T., p. 48.

auftritt, welche bei geringer Lichtintensität aufgerichtet sind, während sie bei zunehmender Beleuchtung durch verstärktes Wachstum ihrer Oberseite sich mehr oder minder flach ausbreiten, faßte Wiesner wie Hofmeister als negativen Heliotropismus auf.

Den Blättern kommt also nach Wiesner zugleich positiver und negativer Heliotropismus zu; speziell die Blattoberseite ist negativ heliotropisch reizbar. Auf dieser Eigenschaft sowie auf negativem Geotropismus beruht in erster Linie das Zustandekommen der fixen Lichtlage. In neuerer Zeit wurde die Frage nach dem negativen Heliotropismus der Blätter nicht näher geprüft. Ich werde bei Besprechung der Photonastie nochmals auf dieses Thema zurückkommen.

Das heliotropische Verhalten der Blätter erscheint bei flüchtiger Überlegung befremdlich, da das Ziel der (±) heliotropischen Krümmung eines Organs in der Einstellung desselben in die Richtung der Lichtstrahlen besteht, wodurch es — wenigstens theoretisch — der Lichtwirkung völlig entzogen wird, während das grüne Laubblatt gerade auf das Licht angewiesen ist, um seiner Funktion Genüge zu leisten. Diese Überlegung trug wohl auch zum Teile dazu bei, daß man dem Heliotropismus keinen oder einen nur ganz untergeordneten Einfluß auf die Orientierungsbewegungen der Blätter zuschrieb oder ihn stets in Kombination mit antagonistisch wirkenden Kräften treten ließ.

Um die Bedeutung des Heliotropismus richtig würdigen zu können, müssen wir uns die Frage vorlegen, ob das oben angegebene Ziel der heliotropischen Krümmung auch tatsächlich unter allen Umständen angestrebt wird. Daß das Ziel der Krümmung in der Regel als zum Wesen des Heliotropismus gehörig aufgefaßt wird, beweisen die in den meisten Lehrbüchern gegebenen Definitionen desselben. Wiesner hat hingegen in seiner Monographie der heliotropischen Erscheinungen eine Definition dieser Bewegung gegeben, in welcher der Begriff des Endziels derselben ausgemerzt ist. Er faßt unter Heliotropismus alle jene Phänomene zusammen, für welche das Gesetz gilt, daß, wie auch immer die Orientierung des Organs zum Lichte ausfällt, sie vom Lichte vollzogen

wird und als eine Erscheinung des Längenwachstums sich manifestiert.[1]

Stellt man sich auf den Standpunkt, daß die in der Richtung der Lichtstrahlen abnehmende Lichtstärke, nicht aber die Richtung der Strahlen als solche die heliotropische Reaktion verursacht, so erhellt schon aus rein theoretischen Überlegungen, daß heliotropisch empfindliche Organe die verschiedensten Lagen zur Richtung des einfallenden Lichtes einnehmen können. Wird ein radiäres, allseits gleich empfindliches und reaktionsfähiges Organ einseitiger Beleuchtung ausgesetzt, so wird bekanntlich die nicht belichtete Seite relativ länger als die Gegenseite, woraus eine Krümmung gegen die Lichtquelle hin resultiert, die solange an Größe zunimmt, bis die Richtung des einfallenden Lichtes erreicht ist, da in diesem Stadium sämtliche Seiten des Organs gleichmäßig beleuchtet sind. Denken wir uns nun ein flächenförmiges, beiderseits gleich empfindliches und reaktionsfähiges Organ einseitiger Beleuchtung ausgesetzt, so kann das Resultat verschieden sein. Nehmen wir an, es fielen parallele Strahlen aus seitlicher Richtung ein, so müssen naturgemäß sämtliche Elemente der Oberseite gleichmäßig gegenüber denen der Unterseite im Wachstume zurückbleiben, da die gesamte Oberseite zwar schräg, aber gleichmäßig beleuchtet ist. Ein solches Organ wird sich demnach zufolge seines positiven Flächenheliotropismus[2] nicht in die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen einstellen, sondern sich jedenfalls in seiner eigenen Medianebene krümmen müssen, bis Ober- und Unterseite gleich stark beleuchtet sind. Fallen die Lichtstrahlen parallel zur Medianebene des Blattes auf, dann fällt natürlich die Krümmmungsebene desselben mit der Einfallsebene des Lichtes zusammen.

[1] Unter diese Definition fällt natürlich auch der Begriff »Photonastie«. Siehe hierüber S. 26.

[2] Um die Darstellung zu vereinfachen, nehme ich an, daß das Organ keinen Kantenheliotropismus (siehe p. 60) besitzt, sich demnach nicht sichelförmig gegen das Licht krümmt und auch keine Torsion ausführt, um die Krümmungsebene parallel zur Einfallsebene des Lichtes zu stellen, was bei Blättern zumeist der Fall sein dürfte.

Verhält sich nun ein solches flächenförmiges Gebilde physiologisch dorsiventral, d. h. ist eine der beiden Organseiten heliotropisch empfindlicher oder reaktionsfähiger als die Gegenseite, dann wird es sich niemals, auch nicht in dem Falle, wo die Lichtstrahlen parallel zur Medianebene auf seine Fläche auftreffen, genau in die Richtung derselben einstellen. Denn wenngleich in diesem Falle beide Organseiten gleich[1] beleuchtet sind, wird doch die empfindlichere auf den gleichen Reiz stärker als die Gegenseite reagieren. Ist z. B. die heliotropische Perzeptionsfähigkeit der Oberseite geringer als die der Unterseite, welche wir als die stärker beleuchtete annehmen wollen, und fällt das Licht senkrecht zu dieser ein, so wird die heliotropische Krümmung dieser Seite über die Richtung des einfallenden Lichtes hinausgehen, so weit, bis die Oberseite so stark beleuchtet ist, daß ihre Wachstumsintensität so groß wird wie die der schwächer beleuchteten Blattunterseite.

Diese Überlegung läßt sich in analoger Weise auch auf negativ heliotropische Organe übertragen. Es erhellt daraus, wie ich glaube, aufs deutlichste, daß ein flächenförmiges Organ heliotropisch sein kann, ohne sich in die Richtung einseitig einfallenden Lichtes zu stellen. Daraus ist aber der weitere, für die Beurteilung des Blattheliotropismus wichtige Schluß zu ziehen, daß wenigstens die Möglichkeit vorhanden ist, daß Blätter ausschließlich mit Hilfe ihres Heliotropismus in günstigere Beleuchtungsverhältnisse gebracht werden können.

Ich habe eine Reihe monokotyler Blätter auf ihren Heliotropismus geprüft, indem ich sie in gewöhnlicher Weise unter den üblichen Vorsichten einseitiger Beleuchtung aussetzte. Die Pflanzen wurden hiezu entweder in den heliotropischen Kasten eingeführt oder, falls eine höhere Lichtintensität erwünscht war, frei auf einem Kasten aufgestellt, wobei für die Abblendung des Seitenlichtes gesorgt war. Als Lichtquelle diente stets diffuses Tageslicht. Ich muß hervorheben, daß ich

[1] Theoretisch sind in diesem Falle die beiden Seiten wohl überhaupt nicht beleuchtet, was aber unter natürlichen Beleuchtungsverhältnissen, welche bei der obigen Auseinandersetzung angenommen wurden, infolge der Wirkung des diffusen Lichtes nicht zutrifft.

die gleichzeitige Einwirkung der Schwerkraft nicht ausschloß, so daß in den Fällen, in welchen ich keinen Heliotropismus auffand, ein solcher bei Ausschluß der Schwerkraft noch immerhin nachweisbar sein könnte. Für meine Zwecke war es jedoch nicht nötig, so geringe Spuren heliotropischer Krümmungsfähigkeit nachzuweisen, da solche bei den Orientierungsbewegungen der Blätter doch höchstens eine ganz untergeordnete Rolle spielen können.

Flächenförmige Blätter orientierte ich im heliotropischen Kasten entweder so, daß Blattfläche und Ebene des Spaltes einander parallel gerichtet waren oder aufeinander senkrecht standen. Im ersten Falle fiel das Licht in einer zur Lamina senkrechten Ebene, im letzteren hingegen parallel zur Blattfläche ein. Um einen kürzereren Ausdruck zu gewinnen, bezeichne ich jene Orientierung als Flächen-, diese als Kantenstellung. Dementsprechend wird eine eintretende heliotropische Krümmung als Flächen-, beziehungsweise Kantenheliotropismus bezeichnet werden. Der erstere äußert sich in einer bogenförmigen Krümmung in der Medianebene des Blattes, der letztere in einer in der Blattebene auftretenden Sichelkrümmung der Lamina.

Ich gebe im nachstehenden einen kurzen Auszug meiner Beobachtungen wieder mit dem Bemerken, daß sämtliche Versuche mehrfach wiederholt wurden.

Agapanthus umbellatus.

Deutlicher positiver Flächenheliotropismus beider Blattseiten. Ein mit seiner Oberseite gegen annähernd horizontal einfallendes Licht orientiertes junges Blatt erreichte eine Neigung von zirka 45° gegen die Horizontale. Der Winkel wurde während der ganzen (28tägigen) Versuchsdauer annähernd beibehalten; die morphologische Blattoberseite war dementsprechend nach unten gerichtet.

Kantenheliotropismus scharf ausgeprägt (Taf. I, Fig. 3).

31. I. Ein sich eben entwickelndes Blatt wird in Kantenstellung horizontal einfallender Beleuchtung ausgesetzt.

17. II. Deutlich positiv heliotropisch. Neigungswinkel zirka 45°.

1. III. Das Blatt ist im oberen Teile nahezu horizontal gerichtet. — Ein zweites jüngeres Blatt ist etwa 45° geneigt.

Clivia nobilis, Imatophyllum miniatum.

Ebenso wie von Agapanthus wurden zahlreiche Exemplare beobachtet, welche im Gewächshause oder auf Fenstern bei einseitiger Beleuchtung kultiviert wurden (Taf. I, Fig. 4). Stets zeigte sich ein sehr ausgesprochener positiver Kantenheliotropismus; der Flächenheliotropismus tritt unter analogen Bedingungen nicht zutage, da er durch andere orientierende Kräfte (namentlich durch Photonastie, siehe p. 82) verdeckt wird.

Amaryllis vittata.

Flächenheliotropismus deutlich, aber schwach. Ober- und Unterseite positiv heliotropisch. Welcher der beiden Seiten stärkerer Heliotropismus zukommt, konnte ich nicht mit Sicherheit entscheiden, da die Krümmung im schwachen Lichte durch Hyponastie, im starken durch Photonastie beeinträchtigt wird; überdies ist der Biegungswiderstand beider Seiten ungleich groß.

Positiver Kantenheliotropismus deutlich, aber schwächer als bei den drei erstgenannten Pflanzen. Er zeigt sich zuerst in einem Asymmetrischwerden des Blattes, indem die vom Lichte abgewendete Laminarhälfte die Lichthälfte im Wachstume überflügelt. Später wird die Sichelkrümmung der Lamina, an der sich auch der Medianus beteiligt, immer deutlicher. In einigen Fällen, namentlich bei schwacher einseitiger Beleuchtung, war die Schattenhälfte sichtlich etioliert, was sich schon aus der bedeutend lichteren Färbung ergab.

Narcissus poeticus, Narcissus Jonquilla.

Positiver Flächen- und Kantenheliotropismus deutlich, aber schwach (vgl. Taf. I, Fig. 1).

Ophiopogon muscarioides.

Positiver Flächen- und Kantenheliotropismus vorhanden, aber kaum nachweisbar.

Galanthus nivalis.

Schwacher positiver Flächen- und Kantenheliotropismus. So lange die Blätter in der Scheide eingeschlossen sind, ist eine heliotropische Krümmung häufig überhaupt nicht erkennbar. Sobald die Blätter vorbrechen, werden sie heliotropisch. Neigungswinkel bei horizontal einfallendem Lichte 75 bis 80°. Vaginalteil aufrecht oder nur schwach — wohl passiv — gekrümmt.

Gladiolus.

Blattfläche äußerst schwach positiv heliotropisch. Die Blattkanten scheinen nicht oder in nur geringem Maße heliotropisch zu sein.

Iris pallida.

Obgleich ein Exemplar vom 17. III. bis 14. IV. ziemlich kräftiger einseitiger Beleuchtung senkrecht zur Laminarfläche ausgesetzt war, konnte bei keinem Blatte und in keinem Entwicklungsstadium eine heliotropische Krümmung konstatiert werden.

Hyacinthus orientalis.

Blätter deutlich positiv heliotropisch. So lange die kegelförmige Knospe noch geschlossen ist, verhält sie sich wie ein Organ. Sobald die Blätter an der Spitze auseinanderweichen, krümmen sich die freien Blatteile am stärksten heliotropisch.

Allium Porrum.

Da die Blätter im Medianus nach innen gefaltet sind, läßt sich von einem Flächen- beziehungsweise Kantenheliotropismus im obigen Sinne nicht sprechen. Schwacher positiver Heliotropismus ist konstatierbar, gleichgültig, ob eine untere Blatthälfte, die Rückseite des Medianus oder die beiden aneinanderstoßenden Blattkanten beleuchtet sind.

Allium schoenoprasum.

Die Blätter der zu den Versuchen benützten jungen Pflanzen sind auffallend stark positiv heliotropisch. Sie stellen

sich bereits im Laufe weniger Stunden in die Richtung der einfallenden Lichtstrahlen. Ein schwach heliotropisch gewordenes Exemplar wurde um 180° gewendet, so daß die Konvexseite des Organs gegen das einfallende Licht gerichtet war. Schon nach $2^1/_2$ Stunden war der Beginn der neuen heliotropischen Richtung erkennbar.

Allium Cepa.

Eine überaus schwache positiv heliotropische Blattkrümmung konnte mit Sicherheit nachgewiesen werden. Neigungswinkel zirka 80°, obgleich ein Exemplar mit mehreren wachstumsfähigen Blättern ziemlich kräftigem, einseitig einfallendem diffusen Lichte ausgesetzt war. Nach Dutrochet (III) verhalten sich Röhrenblätter von *Allium*-Arten dem Lichte gegenüber ganz indifferent. Rothert (XI, p. 116) fand hingegen, daß Blätter von *Allium*-Sämlingen zu den heliotropisch empfindlichsten Objekten gehören. Aber auch die Blätter im Dunkeln getriebener Zwiebeln findet derselbe Forscher deutlich, wenngleich schwächer, heliotropisch. Das verschiedene Verhalten der Röhrenblätter in diesen und in meinen Versuchen ist vielleicht darauf zurückzuführen, daß Rothert etiolierte Blätter einseitiger Beleuchtung aussetzte, während ich mit Blättern experimentierte, welche im Lichte zur Entwicklung gelangten. Daß etiolierte Blätter stärkeren Heliotropismus aufweisen, wurde aber schon von Wiesner (XVIII, II. T., p. 55) gezeigt.

Aus den angeführten Versuchen ergibt sich eine Reihe für die Frage der Orientierungsbewegungen monokotyler Blätter wichtiger Folgerungen.

1. Wenn überhaupt eine heliotropische Krümmung nachweisbar war, wurde sie stets durch positiven Heliotropismus hervorgerufen. Negativer Heliotropismus ließ sich hingegen auf experimentellem Wege niemals feststellen.[1]

2. Bei den flächenförmigen dorsiventralen Blättern der untersuchten Monokotylen reagieren sowohl Ober- und Unter-

[1] Trotzdem soll die Möglichkeit, daß die untersuchten Blätter auch negativ heliotropisch sind, nicht in Abrede gestellt werden. Vergl. hierüber p. 75.

seite der Blattfläche als auch die Blattkante positiv heliotropisch. Trotz des im letzteren Falle ungleich größeren Biegungswiderstandes ist der Effekt des Kantenheliotropismus mindestens ebenso deutlich, bisweilen noch klarer ausgeprägt als der des Flächenheliotropismus. Der Krümmungseffekt ermöglicht es in diesem Falle natürlich nicht, einen Schluß auf den Grad der heliotropischen Empfindlichkeit zu ziehen, da die schließliche Blattkrümmung durch die Organisation des Blattes wesentlich beeinträchtigt wird.

3. Die Verteilung der heliotropischen Empfindlichkeit in den Regionen des Blattes ist eine ungleiche. Die Krümmung stellt sich zunächst im apikalen Blatteile ein, obgleich gerade hier, wie ich mich durch Messungen bei Hyacinthus und Amaryllis überzeugte, das Wachstum ein minimales ist, während der am kräftigsten wachsende basale Teil in vollkommen vertikaler Stellung verharrt. Wie aus Messungen in Kantenstellung befindlicher Blätter von *Amaryllis vittata* hervorgeht, schreitet die heliotropische Krümmung in basipetaler Richtung fort. Diese Blätter zeigen demnach in dieser Beziehung dasselbe Verhalten, welches Rothert für die gleichfalls durch basipetales Wachstum ausgezeichneten Coleoptylen gewisser Gramineen sowie für Blattstiele und Stengel nachwies.

4. Der Flächenheliotropismus kommt unter natürlichen Beleuchtungsverhältnissen kaum zur Geltung, da er, wie später gezeigt werden wird, durch die Photonastie (siehe p. 82) verdeckt wird. Unter Umständen kann er jedoch die Wirkung derselben verstärken oder hemmend beeinflussen. Der Kantenheliotropismus hingegen äußert sich oft sehr deutlich. Er hat — wie es namentlich bei den untersuchten Pflanzen mit zweizeiliger Blattanordnung deutlich wird — die wichtige Aufgabe, die Blätter aus ihrer Insertionsebene gegen das Licht vorzuschieben. Dafür spricht jedenfalls auch die Tatsache, daß er bei Monokotylen mit geringer Laubentwicklung *(Galanthus, Narzisse)* viel schwächer ausgebildet ist, als bei solchen mit einer größeren Blätterzahl, wie *Agapanthus* und *Clivia*. Gerade in diesen Fällen liegt es im Interesse der Lichtökonomie der Blätter, wenn sie aus ihrer Insertionsebene herausgebracht

werden, so daß eine gegenseitige Deckung vermieden wird und sie ein größeres Lichtareale ausnützen können. Bei solchen Pflanzen ist auch — zumal an älteren Stöcken — die $^1/_2$-Stellung der Blätter völlig undeutlich, was sich in ihrem ganzen Habitus ausprägt.

Es ist noch hervorzuheben, daß bisher Kantenheliotropismus sowohl an monokotylen als dikotylen Blättern beobachtet wurde, jedoch stets nur an Pflanzen mit sitzenden oder fast ungestielten, linealen, bandförmigen oder schmal lanzettlichen Blättern. Sollte der Kantenheliotropismus tatsächlich auf derartige Blätter beschränkt sein, dann könnte man in dem Kantenheliotropismus einen Ersatz für gewisse Bewegungen des Blattstiels erblicken, welchen die wichtige Aufgabe zufällt, die Lamina ans Licht zu bringen.

5. Die untersuchten reitenden Blätter sind nur schwach heliotropisch oder für Lichtunterschiede unempfindlich, was begreiflich erscheint, da die in Rede stehenden Pflanzen typische Sonnenpflanzen mit aphotometrischen Blättern repräsentieren. Die Rundblätter zeigten ein verschiedenes heliotropisches Verhalten

Geotropismus.

Wenngleich die negativ geotropische Empfindlichkeit[1] der Blätter als eine durch zahlreiche Beobachtungen sichergestellte Tatsache gelten kann, so bildet doch die Rolle, welche man dem Geotropismus beim Zustandekommen der fixen Lichtlage zuschrieb, einen Gegenstand der Kontroverse. Während de Vries und Wiesner, welche zuerst den Blattgeotropismus eingehender studierten, in der Schwerkraftswirkung einen für die Blattlage maßgebenden Faktor erblickten, wurde von anderer Seite an gewissen Blättern gezeigt, daß diese ihre Lichtlage auch bei Rotation um die horizontale Achse erreichen können (Fr. Darwin, Krabbe u. a.). Aber auch bei ruhender Aufstellung der Pflanzen wird trotz der verschiedensten Lagen der

[1] Auf den positiven Geotropismus der Blätter nehme ich hier keine Rücksicht, da er hauptsächlich nur an Keimblättern von Palmen und gewissen Liliaceen beobachtet wurde. Siehe hierüber Pfeffer (X, p. 300).

Blätter zum Horizonte die fixe Lichtlage angenommen, wobei sich ungeachtet der an und für sich ansehnlichen geotropischen Empfindlichkeit »eine geotropische Komponente in der schließlichen Lichtlage nicht mehr geltend macht«, das Resultat vielmehr ein derartiges ist, »als ob der Geotropismus gleich Null sei« (Noll). Wenngleich die Berechtigung dieser Auffassung für gewisse Blätter nicht in Abrede gestellt werden soll, so muß es wohl als verfehlt bezeichnet werden, diesen Beobachtungen eine allgemeine Gültigkeit zuzuschreiben, wie schon der eingangs erwähnte, von Krabbe selbst angestellte Versuch mit *Dahlia*-Blättern lehrt.

Auf Grund sich zum Teile widersprechender Beobachtungen, welche hauptsächlich an dikotylen Blättern gemacht wurden, ergaben sich hauptsächlich zwei Fragen, welche ich bezüglich des geotropischen Verhaltens der monokotylen Blätter näher zu prüfen hatte:

1. Sind die Blätter der Monokotylen in beträchtlicherem Maße negativ geotropisch?

2. Hat der Geotropismus einen Einfluß auf die Lichtlage derselben?

Ich beschränke mich hier darauf, die Versuche zur Beantwortung der ersten Frage in Kürze mitzuteilen. Die Entscheidung der Frage hingegen, ob der Geotropismus in Kombination mit anderen Orientierungsbewegungen treten kann, behalte ich mir für den letzten Abschnitt vor.

Ich gebe nachfolgend einen kurzen Auszug aus meinem Versuchsprotokoll, wobei ich alle nicht unmittelbar nötigen Daten beiseite lasse. Wenn nicht besonders bemerkt, wurden die Versuche im Dunkeln durchgeführt.

Allium Cepa.

Blätter sowohl im Dunkeln als auch im Lichte auffallend stark negativ geotropisch. Reaktionszeit[1] eines zirka 7 *cm*

[1] Dieselbe wurde in folgender Weise annähernd bestimmt: Ein möglichst genau vertikal stehendes Blatt wurde durch Wenden des Topfes in horizontale Lage gebracht und der obere Blattrand auf eine bestimmte Marke des von Wiesner konstruierten Wachstumsmikroskopes eingestellt. Das Blatt senkte

langen, kräftig wachsenden Blattes bei Zimmertemperatur jedenfalls unter 33 Minuten.

Narcissus poeticus.

Starker Flächen- und Kantengeotropismus. Sobald die Lamina die Scheide durchbricht, krümmt sie sich energischer aufwärts als vorher. Die Scheide hebt die geotropische Wirkung ganz oder teilweise auf. Ihr Einfluß wird aus folgenden Versuchen besonders deutlich. Ragen die Blätter wenige Millimeter über die Scheide hinaus und sind sie mit dieser schwach geotropisch gekrümmt, so nimmt die Aufrichtung fast momentan beträchtlich zu, sobald man die Scheide wegpräpariert. Hat sich hingegen der freie Teil der Blätter nahezu vertikal erhoben, so krümmen sich diese nach Entfernung der Scheide sogar über die Vertikale hinaus. Daraus erhellt, daß der in derselben eingeschlossene Blatteil durch das Vaginalblatt im Sinne der geotropischen Krümmung gespannt erhalten wird.

Galanthus nivalis

sowie wenige Zentimeter lange Triebe von

Allium Porrum

verhalten sich im wesentlichen wie Narzissen.

Gladiolus. Iris pallida.

Die Blätter beider Pflanzen krümmen sich negativ geotropisch, gleichgültig, ob sie die Fläche oder die Kante nach oben kehren. Bei Iris, welche bedeutend langsamer reagiert, scheint die Krümmung nach der Kante energischer als nach der Fläche vor sich zu gehen. Ist die äußere Kante nach oben gerichtet, so wird die Vertikale überschritten, was wohl darauf zurückzuführen ist, daß in diesem Falle der negative Kantenheliotropismus durch die wahrscheinlich spontan vor sich

---

sich anfangs schnell, dann langsamer infolge des Eigengewichtes. Nach 23 Minuten erreichte es den tiefsten Stand, auf welchem es durch 9 Minuten verharrte, um sich von der 33. Minute an allmählich, später mit großer Geschwindigkeit negativ geotropisch zu erheben. Die Reactionszeit ist demnach jedenfalls kürzer als 33 Minuten.

gehende Sichelkrümmung des Blattes, welche ein Konkavwerden des äußeren Blattrandes bewirkt, unterstützt wird.

Amaryllis vittata, Agapanthus, Clivia, Imatophyllum.

Die Blätter zeigen im Dunkeln und im Lichte sehr kräftigen negativen Flächen- und Kantengeotropismus.

Deutlicher negativer Geotropismus wurde schließlich noch nachgewiesen bei den Blättern von

Hyacinthus orientalis und **Allium schoenoprasum.**

Aus den angeführten Versuchen ergeben sich folgende Sätze:

1. Sämtliche daraufhin untersuchte Monokotylenblätter erwiesen sich als negativ geotropisch.
2. Bei den bandförmigen Blättern ist stets Flächen- und Kantengeotropismus nachweisbar.
3. Der negative Geotropismus der Monokotylenblätter kommt ebenso im Dunkeln wie im Lichte zustande.
4. Sind Scheidenblätter vorhanden, so hemmen sie in mehr oder minder hohem Maße die geotropische Krümmung der von ihnen eingeschlossenen Teile der Laubblätter.

Spontane Nutationen, Photonastie.

De Vries (XVII) fand bei seinen Untersuchungen über die Richtungsursachen bilateral-symmetrischer Organe die wichtige Tatsache auf, daß deren Unter-, beziehungsweise Oberseite unabhängig von Schwerkraft und Licht ein verstärktes Wachstum aufweisen kann, eine Erscheinung, welche er als longitudinale Hyponastie, beziehungsweise longitudinale Epinastie bezeichnete.

Als Sachs (XII) die Plagiotropie der Pflanzenteile einer eingehenden Untersuchung unterzog, sah er sich zunächst durch das Verhalten des Thallus von *Marchantia* veranlaßt, den Begriff »Epinastie« wesentlich zu erweitern, indem er »das durch stärkeres Licht verursachte Ausbreitungsvermögen der

Oberseite von *Marchantia*« als einen Spezialfall der Epinastie hinstellte, »die hier nachweislich eine Lichtwirkung ist«.

Wiesner (XVIII, II. T., p. 55) wandte sich gegen die Sachsche Erweiterung des Begriffes »Epinastie« und sprach sich dafür aus, die Termini Epi- und Hyponastie ausschließlich für spontane Nutationen zu reservieren. Eine durch Licht bewirkte Wachstumsförderung der Thallus- (und Blatt-) Oberseite faßte der genannte Forscher als negativen Heliotropismus auf. Diese Deutung hatte Sachs hauptsächlich deshalb vermieden, weil die Thallusunterseite positiv heliotropisch reagiert und ihm die Annahme, daß sich ein Organ gleichzeitig oberseits negativ, unterseits hingegen positiv heliotropisch verhielte, widersinnig erschien. Wiesner hingegen sah in einem solchen Verhalten umsoweniger eine Unmöglichkeit, als nach seiner Auffassung, die er durch zahlreiche Beobachtungen stützen konnte, jedes Organ aus positiv und negativ heliotropischen Elementen besteht.

Bald darauf zeigte Pfeffer, daß das Licht in zweifacher Weise als Bewegungsursache wirksam sein könne: als Heliotropismus und als Photonastie. Der wesentliche Unterschied zwischen beiden Krümmungen, die äußerlich einander vollkommen gleichen können, erhellt am besten aus Pfeffers eigenen Worten (X, p. 287): »Indem wir nun, dem üblichen Sprachgebrauche folgend, als Heliotropismus die durch einseitigen Lichtangriff erzeugten und in ihrer Richtung hievon abhängigen Bewegungen bezeichnen, sollen die durch sinkende oder fallende, übrigens allseitig gleichmäßige Beleuchtung erzeugten Bewegungen photonastische genannt werden.« Da Pfeffer die letzteren wie Sachs als spezielle Fälle von Epi- und Hyponastie ansieht, unterscheidet er zwischen Photoepinastie beziehungsweise Photohyponastie. Da sich eine heliotropische Krümmung bei einseitig überwiegender Lichtwirkung einstellt, Photonastie hingegen ohne Rücksicht auf die Beleuchtungsrichtung (also auch bei allseits gleicher Beleuchtung) auftritt, sind wir in der Lage, beide Bewegungsursachen auf experimentellem Wege unterscheiden zu können. Wenn wir die Wirkungsweise der Photonastie anerkennen, so folgt daraus — wie Pfeffer selbst betont — keineswegs, daß die dorsi-

ventralen Organe nicht doch beiderseits ungleich heliotropisch reagieren. Ich werde vielmehr am Schlusse dieses Abschnittes zeigen, daß es derzeit nicht ausgeschlossen erscheint, daß die Photonastie der Blätter auf ungleiche heliotropische Empfindlichkeit der beiden Blattseiten zurückzuführen ist. So lange hiefür jedoch ein bindender Beweis fehlt, halte ich es zweckmäßig, strenge zwischen Heliotropismus und Photonastie zu unterscheiden.

Oltmanns hält auf Grund seiner Untersuchungen den Begriff »Photonastie« für überflüssig, wie mir jedoch scheint, mit Unrecht. Er sagt (IX, p. 259): »Nachdem ich zeigen konnte, daß alle bis dahin Heliotropismus genannten Vorgänge in erster Linie von der Intensität des Lichtes abhängen, dürfte es zweckmäßig sein, den Begriff der Photonastie fallen zu lassen«. Durch die Abhängigkeit der heliotropischen Krümmung von der Beleuchtungsstärke sind aber die Fälle von Photonastie, in welchen Organkrümmungen bei allseits gleichmäßiger Beleuchtung, z. B. bei Rotation um vertikale Achse eintreten, keineswegs erklärt; solange aber eine befriedigende Erklärung fehlt, können wir den genannten Terminus nicht vermissen. Was meine eigenen Versuche betrifft, so beanspruchen nur jene mit dorsiventralen, mehr oder minder bandförmigen Blättern höheres Interesse. Ich will vorerst die Dunkelversuche an der Hand des Versuchsprotokolls in knapper Form zusammenstellen, wobei ich nur die wichtigeren Daten berücksichtigen will.

A. Dunkelversuche.

Amaryllis vittata.

I.

30. I. Eine Pflanze mit zwei jungen Blättern (12 *mm*, beziehungsweise 8 *mm* lang), völlig verdunkelt. Blätter vollkommen vertikal.
15. II. Beide Blätter vertikal.
16. II. Das größere Blatt ist infolge seines Eigengewichtes von seiner Basis an stark nach außen geneigt.[1]

[1] Etiolierte Blätter sind gegen Turgorverluste sehr empfindlich. Ist die Bodenfeuchtigkeit eine geringe, so krümmen sich die Blätter in der Zone des

18. II. Das Blatt hat sich vollständig erhoben und steht wieder vertikal.
21. II. Beide Blätter annähernd aufrecht; nur das größere ist infolge Lastwirkung etwas nach außen geneigt. Siehe Abbildung. Taf. II, Fig. 7.

II.

16. III. Ein im Dunkeln getriebenes Exemplar mit vier kräftig wachsenden Blättern, welches zu geotropischen Versuchen gedient hatte, wird in der Dunkelkammer vertikal aufgestellt, so daß die früher geotropisch aufgerichteten Blätter nahezu horizontal stehen.
17. III. Sämtliche Blätter völlig vertikal aufgerichtet.
6. IV. Je zwei gegenüberstehende Blätter kreuzen einander in folge starker Hyponastie.

III.

5. I. Pflanze in schwachem, einseitig einfallendem Lichte. Blätter vertikal mit ihren Oberseiten flach aneinander liegend. Blatt I, 55 *mm*; Blatt II, 23 *mm*.
22. I. Blatt I, 205 *mm*; Blatt II, 148 *mm*. Schwacher Kantenheliotropismus. Beide Blätter kreuzen sich infolge Hyponastie.
27. I. Blatt I, 309 *mm*; Blatt II, 229 *mm*. Blatt I deutlich hyponastisch; Blatt II nach außen gekrümmt, wahrscheinlich durch den Druck eines dritten sich entwickelnden und stark hyponastisch gewordenen Blattes.

IV.

4. V. Ein im Dunkeln getriebenes Exemplar wird in der Dunkelkammer auf einem Klinostaten mit horizontaler Achse derart fixiert, daß die Topfachse gleichfalls wagrecht steht. Die Pflanze hat zwei gleichlange Blätter entwickelt.

---

stärksten Wachstums (Blattbasis) nach außen. Diese Krümmung ist mit einer epinastischen, welche stets an der Spitze zuerst eintritt, nicht zu verwechseln.

11. V. Beide Blätter gerade, mit ihren Oberseiten dicht aneinanderliegend.
16. V. Gegenseitige Lage der Blätter unverändert. Es wird ein Blatt entfernt, um dem anderen einen Spielraum zu einer eventuellen Krümmung zu bieten.
17. V. Blatt schwach hyponastisch.
25. V. Hyponastische Krümmung überaus kräftig, auffallend stärker als in allen Fällen, wo der Einfluß der Schwerkraft nicht ausgeschlossen wurde.

Amaryllis formosissima.

V.

11. V. Eine im Dunkeln gezogene Pflanze wird horizontal im Dunkeln rotiert. Das Exemplar besitzt zwei schwach hyponastische Blätter.
13. V. Hyponastie auffallend stärker als in Versuch VI.
16. V. Die hyponastische Krümmung ist so stark, daß sich die Blätter vollständig kreuzen, wodurch ihre morphologischen Unterseiten nach oben zu liegen kommen.

VI.

16. V. Ein Dunkelexemplar wird ruhend und zwar vertikal im Dunkeln aufgestellt, Blätter aufrecht.
19. V. Blätter deutlich hyponastisch.
30. V. Blätter infolge starker Hyponastie gekreuzt.

Hyacinthus candicans.

VII.

24. IV. Eine im Dunkeln angetriebene Zwiebel wird bei vollkommenem Lichtabschlusse kultiviert. Höhe des Triebes (h) 13 *mm*.
30. IV. Blätter völlig geschlossen.
5. V. $h = 135\,mm$. Trieb vollkommen vertikal.
11. V. $h = 275\,mm$. Spitze des Triebes schwach hyponastisch,[1] sonst unverändert.

[1] In Bezug auf das äußerste Blatt.

15. V. Versuch photographiert. Siehe Abbildung Taf. III, Fig. 12.
19. V. Blätter noch immer vollkommen geschlossen. Die ganze Pflanze gleicht einem fast $^1/_2$ *m* langen, gelben Stabe. Der Trieb ist etwas schräge gerichtet.
22. V. $h = 510$ *mm*.
29. V. $h = 670$ *mm*.
2. VI. Länge der ersten drei aufeinanderfolgenden Blätter: 740 *mm*, 765 *mm*, 790 *mm*. Die äußeren Blätter werden demnach von den inneren überragt, schließen dabei aber dicht aufeinander. Der ganze Trieb erscheint in Form einer steilen Schraube schwach tordiert.

Hyacinthus orientalis.

VIII.

3. II. Eine unter Erde getriebene Zwiebel wird vollkommen verdunkelt.
17. II. Blätter gerade und aufrecht.
21. II. Einzelne Blüten beginnen sich zu öffnen; sonst unverändert. Versuch photographiert. Taf. II, Fig. 6.
1. III. Sämtliche Blätter vertikal oder schwach hyponastisch. Infloreszenz völlig aufgeblüht.

Außerdem wurden 10 Dunkelexemplare, teils Erd-, teils Wasserkulturen beobachtet. Die Blätter waren stets aufrecht oder im obersten Teile schwach hyponastisch.

Im basalen Teile hingegen nimmt man nicht selten eine schwache Krümmung im Sinne einer Epinastie wahr. Es ist jedoch zweifelhaft, ob dieselbe nicht allein durch den Druck der sich entwickelnden Infloreszenz bedingt wird, welche die Blätter etwas auseinander drängt.

Von anderen Pflanzen, deren Verhalten im Dunkeln und im Lichte vergleichsweise untersucht wurde, seien in Kürze noch folgende angeführt.

Galanthus nivalis.

Versuchsdauer vom 17. II. bis 17. III. Die Blätter eines Dunkelexemplares sind völlig vertikal (das Scheidenblatt

erreichte in diesem Falle eine Länge von 25 *mm*); mehrere andere Individuen zeigten schwach aber deutlich hyponastische Blätter. Wiesner beobachtete bei derselben Pflanze, daß ihre Blätter im Dunkeln, unter sonst günstigen Umständen zufolge kräftiger Hyponastie einander kreuzten und ihre morphologischen Unterseiten nach oben kehrten. Die geringe Tendenz zur hyponastischen Krümmung der Blätter, welche sich in meinen Versuchen zeigte, ist wahrscheinlich auf das ziemlich kümmerliche Gedeihen zurückzuführen, welches meine Galanthusexemplare aus mir unbekanntem Grunde durchwegs zeigten. Der Grad der Hyponastie hängt vermutlich mit der Wachstumsintensität ebenso zusammen, wie es Wiesner für die »variable« Epinastie nachwies.

Clivia nobilis, Agapanthus umbellatus.

Blätter aufrecht oder schwach hyponastisch.

Ophiopogon muscarioides.

Versuchsdauer 5. II. bis 1. III. Die jüngsten mir zu Gebote stehenden Blätter waren bereits schwach epinastisch. Zu Ende des Versuches schlossen die gegenständigen Blätter, welche bereits eine Länge von 30 *cm* erreicht hatten, miteinander einen Winkel von etwa 10° ein. Die Neigung der Blätter war demnach während der ganzen Versuchsdauer annähernd dieselbe geblieben.

Aus den angeführten Versuchen ergibt sich zunächst, daß im Dunkeln niemals eine autonome Epinastie zu beobachten ist. Die Blätter der Dunkelpflanzen nehmen vielmehr eine vertikale Lage ein oder zeigen in mehr oder minder hohem Grade die Tendenz zur hyponastischen Krümmung. In den extremsten Fällen geht die Hyponastie soweit, daß die morphologische Blattunterseite nach oben zu liegen kommt. Natürlich wirkt Licht, dessen Intensität unter einem bestimmten Minimum liegt, wie Dunkelheit, was durch Versuch III bestätigt wird.

Die hyponastische Krümmung kann jedenfalls durch den negativen Geotropismus der Blätter beeinflußt werden. Wenigstens zeigte der mit *Amaryllis* durchgeführte Rotations-

versuch (IV, V), daß die Hyponastie bei Aufhebung der einseitigen Schwerkraftswirkung bedeutend energischer zum Ausdrucke kam. Das Auftreten einer hyponastischen Krümmung, welche ihren Anfang stets an der Blattspitze nimmt, kann auch durch die gegenseitige Hemmung gegenüberstehender Blätter verhindert werden.

Daß die Blätter der genannten Pflanzen sich gerade im Dunkeln häufig hyponastisch krümmen, ist vom teleologischen Standpunkte leicht zu verstehen. Infolge der Konvexkrümmung der Blattunterseiten werden die Blätter dicht aneinander gepreßt, wodurch sie vielleicht befähigt werden, den Boden leichter zu durchdringen, um das Licht zu erreichen, unter dessen Einfluß sie sich durch entgegengesetzte Krümmung so ausbreiten, daß sie ihre Oberseite den Lichtstrahlen darbieten. Der Lichtgenuß ist in diesem Falle Zweck und gleichzeitig Ursache der Konvexkrümmung der Blätter.

Daß diese durch das Licht in erster Linie bewirkt wird, lehrt schon der Vergleich der Dunkelpflanzen mit im Lichte kultivierten Exemplaren. Hier stehen die Blätter niemals vertikal, sondern stets mehr oder minder stark nach außen geneigt, in vielen Fällen überdies bogenförmig derart gekrümmt, daß die Blattoberseite zur Konvexseite wird. Ausgesprochene Beispiele hiefür sind *Amaryllis, Clivia, Agapanthus* u. v. a.

Die Frage ist nur, welcher Art die Lichtwirkung ist, welche diese Bogenkrümmung hervorruft. Von vorneherein sind verschiedene Möglichkeiten denkbar. Da die Blattunterseite nachweislich positiv heliotropisch ist, könnte die Konkavkrümmung dieser Seite, welche an aufrechten Blättern die stärker beleuchtete ist, auf positiven Heliotropismus zurückzuführen sein. Ein negativ heliotropisches Verhalten der Blattoberseite gegenüber dem Zenithlichte würde eine gleichsinnige Krümmung zur Folge haben. Durch ein solches Zusammenwirken von positivem und negativem Heliotropismus erklärte auch Wiesner die bogenförmige Krümmung der Blätter von *Galanthus nivalis* im Lichte. Es ist aber auch möglich, daß das Licht nicht orientierend wirkt, sondern vielmehr die Blattoberseite zu stärkerem Wachstume disponiert. Eine infolgedessen eintretende Blattkrümmung ist aber nach dem herrschenden Sprachgebrauche nicht als

Heliotropismus, sondern als Photonastie, genauer Photoepinastie zu bezeichnen. Zur Entscheidung der Frage, sowie zur näheren Kenntnis des Krümmungsverlaufes wurden nachstehende Versuche durchgeführt.

B. Versuche im diffusen Lichte.

Amaryllis vittata.

I.

22. I. Ein Exemplar mit vier kräftig wachsenden Blättern wird ruhend in der Weise aufgestellt, daß die gemeinsame Medianebene der Blätter parallel zur Fensterebene orientiert ist. Richtung des stärksten diffusen Lichtes schräg von vorne und oben.
5. II. Sämtliche Blätter deutlich im Sinne einer Epinastie gekrümmt; überdies macht sich schwacher Kantenheliotropismus bemerkbar.
21. II. Die epinastische Krümmung hat bedeutend zugenommen, sonst unverändert. Taf. II, Fig. 8.

II.

22. I. Eine vierblätterige Pflanze wird auf einen Klinostaten mit vertikaler Achse aufgestellt, um eine allseits gleiche Beleuchtung zu erzielen. Rotationsgeschwindigkeit: eine Umdrehung pro Stunde. Knapp über den Blattspitzen ruht auf zwei Stäben gestützt ein umgestülpter Blumentopf, dessen Abflußöffnung verkittet ist. Die Pflanze ist auf diese Weise einem allseits gleichen, ziemlich kräftigen Vorderlichte ausgesetzt, während das Oberlicht annähernd abgeblendet wird. Mit zunehmender Blattlänge wird der übergestülpte Topf allmählich entsprechend gehoben. Nachdem die Blätter weiter auseinandergerückt waren, als der Durchmesser des Topfes betrug, wurde er durch einen vor Oberlicht schützenden Karton ersetzt.
3. II. Blätter schwach epinastisch.

5. II. Blätter deutlich bis zur Basis epinastisch.
17. II. Epinastie überaus deutlich, etwas stärker als im vorigen Versuche nach derselben Zeit.
21. II. Versuch photographiert. Taf. II, Fig. 9.

III.

22. I. Zweiblätterige Pflanze ruhend aufgestellt. Um das Vorderlicht auszuschließen, wird über die Pflanze ein oben offener Zylinder aus schwarzem Papier gestülpt, der die Blätter etwas überragt. Die Pflanze wird somit ausschließlich vom Oberlichte getroffen. Da die vertikal stehenden Blätter annähernd parallel zu den einfallenden Lichtstrahlen orientiert sind, genießen sie nur ein Minimum des einstrahlenden Lichtes.
3. II. Beide Blätter völlig vertikal.
5. II. Das längere Blatt an der Spitze schwach epinastisch, das kürzere völlig vertikal.
17. II. Keine Spur einer epinastischen Krümmung erkennbar.
19. II. Beide Blätter an der Spitze äußerst schwach epinastisch.
23. II. Im wesentlichen unverändert.
25. II. Das längere Blatt (derzeit 33 *cm*) zeigt an der Spitze äußerst schwache Epinastie; das kürzere Blatt (Länge 24 *cm*) ist völlig vertikal.

IV.[1]

25. IV. Einer im Dunkeln gezogenen Pflanze wird ein Blatt abgeschnitten und nur eines belassen, worauf sie im Lichte um eine vertikale Achse rotiert wird. Ober- und Unterseite genießen in diesem Falle gleich viel Licht im Gegensatze zu dem Rotationsversuch II, bei welchem die Blattunterseiten jedenfalls im Lichtgenusse bevorzugt waren.
30. IV. Das Blatt ist bereits deutlich epinastisch geworden.

Wie aus Versuch III hervorgeht, kann die Ausbreitung und bogenförmige Krümmung der Blätter nicht auf ein negativ

[1] Dieser, wie ich glaube, sehr wichtige Versuch wurde mehrfach wiederholt, stets mit gleichem Erfolg.

heliotropisches Verhalten derselben gegenüber dem Oberlichte zurückgeführt werden. Dagegen könnte allerdings der Einwand geltend gemacht werden, daß die Intensität des die Blätter treffenden Lichtes im Versuche zu gering war, um eine negativ heliotropische Krümmung auszulösen. Eine Verstärkung des Oberlichtes wäre nur in der Weise durchführbar gewesen, daß der Durchmesser des die Pflanze umgebenden Zylinders vergrößert worden wäre, wodurch sich aber der Einfluß des Seitenlichtes, dessen Intensität gleichfalls gestiegen wäre, störend bemerkbar gemacht hätte. Die Wirkungsweise des Oberlichtes mußte sich aber auch aus dem Vergleiche des Verhaltens ergeben, welches Pflanzen erkennen ließen, die im Gesamtlichte gezogen wurden, gegenüber solchen, welche ausschließlich im Genusse des Vorderlichtes standen. Aus dem Vergleiche der Versuche I und II geht nun hervor, daß die Blattkrümmung bei Ausschluß von Oberlicht keineswegs einen geringeren Grad erreichte, daß diese mithin nicht auf ein negativ heliotropisches Verhalten der Blattoberseite zurückgeführt werden kann. Daß die Bogenkrümmung in Versuch II sogar eine stärkere war als in I, erklärt sich wohl hinreichend daraus, daß die Blätter im letzteren Experimente ihre Schmalseite dem stärksten Lichte zuwandten, während bei dem rotierenden Exemplare sämtliche Blattunterseiten vom Vorderlichte gleich stark getroffen wurden. Aus diesem Versuche könnte der Schluß gezogen werden, daß die Blattkrümmung auf positivem Heliotropismus beruht, da infolge der Rotation die Blattunterseiten gegenüber der morphologischen Oberseite im Lichtgenusse begünstigt waren und tatsächlich die stärker beleuchtete Unterseite konkav gegen das Licht krümmten. Die Entscheidung der Frage bringt Versuch IV, der unzweifelhaft beweist, daß sich die Oberseite des Blattes auch in dem Falle konvex krümmt, wo beide Blattflächen genau gleich intensiv beleuchtet werden. Ein Organ aber, das sich bei allseits gleicher Beleuchtung stets in einem bestimmten Sinne krümmt, wird als photonastisch bezeichnet. Die Photonastie oder — da stets die Oberseite zur konvexen wird — genauer Photoepinastie der Blätter findet überdies darin ihre Bestätigung, daß — eine entsprechende Lichtintensität vorausgesetzt — die Krümmung stets in gleicher Weise erfolgt, ob die Unter- oder

die Oberseite oder auch die Blattkante dem stärkeren Lichte exponiert ist.

Um das Verhalten anderer Monokotyler im Lichte kennen zu lernen, wurden noch folgende Versuche aufgestellt.

Hyacinthus candicans.

V.

24. IV. Die Pflanze rotiert im Lichte um vertikale Achse. Höhe (h) 23 *mm*.
30. IV. Das erste Blatt beginnt sich zu entfalten; nahezu vertikal, nur eine Spur hyponastisch.
1. V. $h = 85$ *mm*.
5. V. $h = 150$ *mm*. Sämtliche Blätter entfalten sich.
11. V. $h = 300$ *mm*. Blätter stark epinastisch, jedoch schwächer als im folgenden Versuche.
15. V. Versuch photographiert. Taf. III, Fig. 11.
19. V. Länge der ersten drei aufeinanderfolgenden Blätter: 410 *mm*, 500 *mm*, 500 *mm*.
29. V. Länge der ersten vier Blätter: 470 *mm*, 660 *mm*, 600 *mm*, 660 *mm*.
2. VI. Länge der ersten vier Blätter: 480 *mm*, 730 *mm*, 645 *mm*, 740 *mm*.

VI.

24. IV. Die Pflanze rotiert im Lichte um horizotale Achse. Höhe der Pflanze 14 *mm*.
30. IV. Stark hyponastisch.
1. V. $h = 70$ *mm*. Deutliche Hyponastie. Die Krümmung verläuft derart, daß die Konkavität des Triebes nach vorne und gegen links (in Bezug auf das äußere, die übrigen Blätter umschließende Blatt) gerichtet ist. Vielleicht wird die Krümmung durch die Hyponastie der jüngeren Blätter beeinflußt.
5. V. $h = 142$ *mm*. Beginn der Blattentfaltung.
11. V. $h = 280$ *mm*. Blätter stark im Sinne einer Epinastie gekrümmt.

15. V. Die Blattkrümmung unvergleichlich stärker als im vorigen Versuche. Taf. III, Fig. 10.
19. V. Länge der ersten drei aufeinanderfolgenden Blätter: 400 *mm*, 410 *mm*, 420 *mm*.
29. V. Länge der ersten vier aufeinanderfolgenden Blätter: 480 *mm*, 560 *mm*, 540 *mm*, 540 *mm*.
2. VI. Länge der ersten vier aufeinanderfolgenden Blätter: 500 *mm*, 600 *mm*, 640 *mm*, 660 *mm*.

Hyacinthus orientalis.

VII.

3. II. Ein im Dunkeln getriebenes Exemplar ruhend im Lichte aufgestellt.
17. II. Sämtliche Blätter mit Ausnahme der beiden jüngsten an der Basis deutlich nach außen gekrümmt; an der Spitze zum Teil hyponastisch.
21. II. Versuch photographiert. Taf. II, Fig. 5.

VIII.

3. II. Wasserkultur ruhend im Lichte aufgestellt.
17. II. Blätter an ihrer Basis nach außen gekrümmt, sonst gerade oder im obersten Teile schwach hyponastisch.
4. III. Blattkrümmung verstärkt, sonst unverändert.

Eine große Anzahl von Topf- und Wasserkulturen von Hyazinthen, deren Verhalten im Lichte ich genauer verfolgte, ergab stets dasselbe Resultat.

IX.

7. I. Eine im Dunkeln angetriebene Pflanze rotiert im Lichte vertikal um ihre eigene Achse.
14. I. Beginn der Blattentfaltung.
27. I. Alle Blätter krümmen sich an der Basis nach außen, während sie im oberen Teile ziemlich stark hyponastisch gekrümmt sind.
5. II. Im wesentlichen unverändert.

Eine nur im Lichte auftretende, im Sinne einer Epinastie verlaufende Blattkrümmung konnte noch bei folgenden Pflanzen beobachtet werden: *Clivia, Imatophyllum, Agapanthus, Ophiopogon, Narcissus, Galanthus.* Die Stärke der Krümmung hängt wohl auch mit der Wachtumsintensität der Blätter zusammen. Während die Blätter meiner im Lichte kultivierten *Galanthus*-Exemplare miteinander einen Winkel von zirka 30° bildeten, sind die Blätter von Freilandexemplaren oft so stark gekrümmt, daß sie miteinander einen Winkel von 180° einschließen.

Bei den Monokotylen mit radiären oder isolateralen Blättern vom Typus *Iris* war im Lichte niemals eine andere als heliotropische Krümmung nachweisbar. Aus der Tatsache, daß die bandförmigen Monokotylenblätter sich im Lichte stets und unabhängig von dessen Einfallsrichtung nach außen krümmen, die Oberseite also der Gegenseite im Wachstum vorauseilt, ergibt sich unzweifelhaft, daß diese Blattkrümmungen ebenso wie bei *Amaryllis* auf Photoepinastie zurückzuführen sind. Die Photoepinastie stellt demnach jedenfalls einen der wichtigsten Faktoren für das Zustandekommen der Lichtlage bandförmiger Monokotylenblätter vor. Auf die Frage, ob und wie sie sich mit anderen orientierenden Kräften kombiniert, will ich im letzten Abschnitte eingehen. Bezüglich des Verlaufes der Photonastie sei nur hervorgehoben, daß bei allen sich bogenförmig krümmenden Blättern stets beobachtet werden konnte, daß die photonastische Krümmung in einem bestimmten Entwicklungsstadium, und zwar immer an der Blattspitze, also in einem nahezu ausgewachsenen Blattteile ihren Anfang nimmt und allmählich in basipetaler Richtung fortschreitet, mithin demselben Gesetze folgt, welches Schwendener und Krabbe für die Torsionen, Rothert für die helio- und geotropische Krümmung aufstellte. Anders scheinen sich die Pflanzen zu verhalten, deren gerade oder an der Spitze schwach hyponastische Blätter sich schon von der Basis an in schräger Richtung nach außen neigen, wie z. B. *Hyacinthus orientalis.* Da ich erst zu spät auf dieses abweichende Verhalten aufmerksam wurde, meine Beobachtungen hierüber infolgedessen nur spärlich sind, will ich einstweilen auf diesen Gegenstand nicht näher eingehen.

Im Laufe meiner Versuche kam ich überhaupt immer mehr zu der Überzeugung, daß es zunächst erforderlich ist, die Photonastie der Blätter eingehender, als es bisher geschehen ist, zu studieren, ehe das Problem des Zustandekommens der Lichtlage befriedigend gelöst werden kann. Es ist weder die Verbreitung der Erscheinung hinreichend bekannt, noch ist das Wesen derselben hinlänglich erforscht. Ich habe bisher in der üblichen Weise zwischen heliotropischer und photonastischer Krümmung unterschieden, doch halte ich es nicht für ausgeschlossen, daß sich die photonastische Krümmung auf eine Form der heliotropischen zurückführen läßt.

Es wurde bereits oben gezeigt, daß sowohl der Ober- als auch der Unterseite monokotyler Blätter positiver Heliotropismus zukommt. Nach unseren Erfahrungen ist anzunehmen, daß die heliotropische Empfindlichkeit auch bei hohen Lichtintensitäten erhalten bleibt. Ist dies der Fall, so muß eine positiv heliotropische Krümmung der Blattoberseite der Photoepinastie — ich behalte einstweilen diesen Terminus bei — entgegenwirken, während positiver Heliotropismus der Blattunterseite eine Verstärkung derselben bewirken muß. Orientiert man nun eine *Amaryllis* derart, daß die gemeinsame Medianebene der Blätter senkrecht gegen die Ebene eines Fensters gerichtet ist, so zeigt tatsächlich das vordere auf seiner Rückseite vom Lichte getroffene Blatt eine weitaus stärkere Krümmung als das gegenüberstehende, oberseits stärker beleuchtete Blatt. Auch die Tatsache, daß auf der Unterseite beleuchtete Blätter in der Medianebene stärker gekrümmt erscheinen als solche, deren Kanten intensiver als die Fläche beleuchtet sind, macht es wahrscheinlich, daß der positive Flächenheliotropismus eine Rolle bei der Krümmung in intensivem Lichte spielt.

Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß die Blattkrümmung der Monokotylen ausschließlich durch positiven Heliotropismus bewirkt wird.[1] Die Annahme, daß ein morphologisch dorsiventrales Blatt sich auch physiologisch dorsiventral verhält,

[1] Ich sehe bei dem folgenden Erklärungsversuch von Gewebespannung, Schwerkraftswirkung und anderen Faktoren, welche die Krümmung beeinflussen und komplizieren, völlig ab.

ist sehr naheliegend. Denken wir uns nun die Blattunterseite bedeutend stärker positiv heliotropisch als die Oberseite, so lassen sich leicht die Blattkrümmungen auch ohne Zuhilfenahme einer Photonastie erklären.

Wird eine Blattunterseite beleuchtet, so findet infolge des positiven Heliotropismus eine Krümmung zum Lichte statt. Daß ein solches Blatt jedoch nicht seine Gleichgewichtslage findet, wenn es in die Richtung der Lichtstrahlen kommt, kann auf der ungleichen heliotropischen Empfindlichkeit beider Blattseiten beruhen, was bereits an anderer Stelle (siehe p. 50) näher auseinandergesetzt wurde.

Ist die Blattoberseite gegen die Lichtquelle gewendet, so wird die Blattkrümmung je nach der gleichzeitigen Beleuchtung der Blattunterseite verschieden groß sein. Der Krümmungseffekt hängt von der heliotropischen Differenz der beiden Blattseiten ab, d. h. es kann die heliotropische Krümmung der Blattunterseite kleiner, gleich oder größer sein als die der Gegenseite; demzufolge wird sich das Blatt mit der Oberseite (konkav) gegen die Lichtquelle wenden, eine aufrechte Lage einnehmen oder sich vom Lichte wegwenden (Oberseite konvex).[1] Alle diese Möglichkeiten waren tatsächlich in den Versuchen realisiert. Wurde ein *Amaryllis*-Blatt im heliotropischen Kasten mit seiner Oberseite parallel zum Spalt so orientiert, daß dabei die Intensität des die Rückseite treffenden Lichtes gleich Null gesetzt werden kann, so krümmte sich das Blatt mit der Oberseite konkav gegen den Spalt.[2] Wurde eine Pflanze im starken diffusen Lichte so orientiert, daß die Blattoberseite gegen das stärkere Licht gewendet war, während die Unterseite durch lose angebundenes schwarzes Papier annähernd verdunkelt wurde, so blieb das Blatt aufrecht oder es bildete die Blattoberseite einen nur schwach konvexen Bogen. Wurde hingegen das Blatt um 180° gewendet und statt der Unterseite die Oberseite von schwarzem Papier bedeckt, so trat eine auffallend starke Konvexkrümmung der Blattoberseite ein. Wird endlich

[1] Vergl. Pfeffer (X, p. 291).

[2] Es bleibt allerdings zu untersuchen, ob ein Blatt sich auch dann so verhält, wenn die Blattunterseite völlig verdunkelt wird, während die Oberseite kräftiger Beleuchtung ausgesetzt wird.

Ober- und Unterseite des Blattes in gleicher Weise beleuchtet, wie es bei Rotation um die eigene Achse der Fall ist, so müßte stets die heliotropische Krümmung der Blattunterseite überwiegen, was auch durch das Experiment bestätigt wird (vergl. Versuch IV, p. 68).

Ich will mit diesen Ausführungen nur die Möglichkeit betonen, daß die Photonastie der Blätter auf positiven Heliotropismus zurückgeführt werden kann;[1] zu einem Beweise reichen meine wenigen Versuche nicht hin. Diese Möglichkeit ist übrigens nicht die einzig denkbare. Sämtliche oben angeführte Krümmungserscheinungen der Blätter lassen sich unschwer auch durch die Annahme erklären, daß die Blattoberseite negativ, die Unterseite positiv heliotropisch ist, eine Annahme, der bereits Wiesner durch eine große Reihe von Beobachtungen und Experimenten Wahrscheinlichkeit verlieh.

Aus diesen Überlegungen geht hervor, daß der so oft gebrauchte Terminus »Photonastie« keineswegs hinreichend präzisiert ist. Ich behalte mir vor, spezielle Versuche über diesen Gegenstand anzustellen.

Torsionen.

Unter den Torsionen monokotyler Blätter erregten hauptsächlich jene Fälle das Interesse des Physiologen, bei welchen erst durch die sich im Laufe der Entwicklung regelmäßig einstellende Drehung die normale Blattlage erreicht wird, wie es z. B. bei *Alstroemeria* und einer Reihe anderer Pflanzen der Fall ist. Über dieses eigentümliche Verhalten wurden bereits mehrfach spezielle Untersuchungen angestellt,[2] weshalb ich hier nicht näher darauf eingehe.

Es gibt aber auch noch andere regelmäßig in einem bestimmten Entwicklungsstadium auftretende Torsionen, welche mit der Blattlage in keiner Beziehung stehen. So führt z. B. Kerner in seinem »Pflanzenleben« (I. Band, p. 398) eine

[1] In ähnlicher Weise führt auch Wiesner die Photonastie auf ungleiche heliotropische Krümmungsfähigkeit oder auf ungleichseitiges Wachstum heliotropisch empfindlicher Organe zurück (XXIV, p. 298, Anmerkung).

[2] Literatur bei Goebel, Organographie, p. 495.

Reihe von Pflanzen mit bandförmigen Blättern an, welche er bezeichnend als Schraubenblätter zusammenfaßt, da sie stets schraubenförmig gedreht erscheinen. Bald lassen sie nur $^1/_2$ bis 1 Schraubengang erkennen, wie *Phormium tenax*, *Asphodelus albus* und Narzissen, bald zeigen sie 2 bis 3 volle Umdrehungen wie *Typha augustifolia* und gewisse *Allium*-Arten. In seltenen Fällen — bei *Sternbergia Clusiana* und *stipitata* — zählte Kerner sogar 3 bis 6 Schraubengänge.

Die Zahl derartiger Monokotylen ließe sich leicht vermehren. Ich verfolgte nur das Verhalten der Narzissen etwas eingehender und fand, daß in einem gewissen Entwicklungstadium sämtliche Blätter meiner Versuchspflanzen sowohl im Dunkeln als auch im Lichte stets im gleichen Sinne, und zwar von links nach rechts tordierten; dabei war es gänzlich belanglos, ob ursprünglich die Ober- oder Unterseite oder eine Kante dem Lichte zugekehrt war. War z. B. eine Topfpflanze so gegen das Licht orientiert, daß die gemeinsame Medianebene der Blätter parallel zur Ebene des Fensters stand, mithin die eine Hälfte der Blätter ihre linke, die andere ihre rechte Kante dem Lichte zuwendete, so richteten bei eintretender Torsion diese ihre Oberseite, jene ihre Unterseite gegen das Licht. (Taf. I, Fig. 2.) Ich beobachtete überdies eine große Individuenzahl mehrerer Narzissenarten *(N. poeticus, N. Jonquilla)* im Freien unter den verschiedensten Beleuchtungsverhältnissen, fand aber niemals eine Ausnahme bezüglich der eingeschlagenen Torsionsrichtung. Daraus erhellt, daß das Licht in diesen Fällen weder auf das Zustandekommen einer Torsion, noch auf die Richtung derselben Einfluß nimmt.

Herr Hofrat Wiesner hatte die Güte, mir einen ähnlichen Fall mitzuteilen, den er an einer *Allium*-Art aus der Verwandtschaft von *Allium Porrum*, welche massenhaft in den Weingärten in der Umgebung von Miramare bei Triest auftrat, wahrscheinlich *Allium Ampeloprasum* beobachtete. Auch hier war die Torsionsrichtung der Blätter, obgleich gegen hundert Individuen daraufhin untersucht wurden, stets konstant, und zwar entgegengesetzt der Richtung des Uhrzeigers.

Ich habe zwar Narzissen bei Ausschluß der Schwerkraftswirkung nicht untersucht, glaube jedoch, daß von vorneherein

in solchen Fällen, wo Torsionen sowohl im Dunkeln als auch unter den verschiedensten Beleuchtungsverhältnissen stets in gleichem Sinne verlaufen, an der spontanen Natur derselben nicht zu zweifeln ist. Denn daß diese Torsionen eine Wirkung der Schwerkraft darstellen, ist mindestens höchst unwahrscheinlich, da sich dieselbe infolge der hemiorthotropen Lage der Blätter auf die symmetrischen Laminarhälften in gleicher Weise äußern dürfte, so daß kein Torsionsmoment auftreten kann.

Diese in einem gewissen Entwicklungsstadium regelmäßig auftretenden, wahrscheinlich spontanen Blattdrehungen bieten natürlich für das Studium der Lichtlage weniger Interesse als solche Torsionen, welche Blätter, die in eine abnorme Lage zum Lichte gebracht wurden, ausführen, um ihre normale Orientierung zu demselben zu gewinnen.

Derartige Torsionen sind unter normalen Verhältnissen bei den in der vorliegenden Untersuchung behandelten, verhältnismäßig stumpf reagierenden Monokotylen jedenfalls in viel untergeordneterer Weise an der Gewinnung der fixen Lichtlage beteiligt, als bei Dikotylen, wo sie bekanntlich überaus häufig die Lage der Blätter beeinflussen. Unter Umständen jedoch greifen regelmäßig auch Torsionen in die Orientierungsbewegungen der Monokotylenblätter ein. Ein solcher Fall muß z. B. dann eintreten, wenn die Blätter infolge ihres Kantenheliotropismus aus ihrer Infoliationsebene gebracht wurden. Derartige Blätter können eine so energische Sichelkrümmung erfahren, daß die konvexe Kante zum Teil nach oben zu liegen kommt; sie müssen sich demnach, um ihre normale Orientierung zu erreichen, so weit drehen, bis ihre Oberseite nach oben gerichtet ist, womit die normale hemiorthotrope Lage erreicht wird und sie wieder in den Genuß des Oberlichtes kommt.

Über das Zustandekommen solcher Orientierungstorsionen gehen die Anschauungen der einzelnen Forscher weit auseinander, worauf ich jedoch hier nicht näher einzugehen brauche, da dieser Gegenstand in neuerer Zeit von Schwendener und Krabbe ausführlich dargestellt wurde.

Obgleich ich über diesen Gegenstand eine große Anzahl von Versuchen durchführte, will ich mich darüber doch ganz

kurz fassen, da meine bisherigen einschlägigen Beobachtungen zu einer vollkommen befriedigenden Lösung dieser Frage bezüglich der untersuchten Monokotylen nicht ausreichen.

Ich will vorläufig nur konstatieren, daß die Blatttorsionen jedenfalls auf verschiedene Ursachen zurückgeführt werden können. Legt man eine *Amaryllis* mit entsprechend langen, vertikal stehenden Blättern derart horizontal, daß die gemeinsame Medianebene der Blätter gleichfalls wagrecht zu liegen kommt, so beobachtet man, daß die Blätter augenblicklich in der Weise tordieren, daß sie ihre Oberseiten nach oben zu wenden bestrebt sind. Die mit ihrer rechten Flanke nach oben gerichteten Blätter drehen sich mithin von links nach rechts, die entgegengesetzt orientierten von rechts nach links. Wendet man den Topf um 180°, so erfolgt die Torsion im entgegengesetzten Sinne, so daß wieder die Oberseite sich zenithwärts zu drehen strebt. Daraus erhellt, daß diese Torsion durch eine Lastwirkung verursacht wird, welche auf die ungleiche Verteilung der Blattsubstanz zurückzuführen ist. Läßt man nun eine solche Pflanze in der horizontalen Lage stehen, so bleibt nach zirka 24 Stunden die Torsion erhalten, selbst wenn man jetzt den Topf um 180° wendet; die Torsion ist offenbar durch Wachstum fixiert worden. Man könnte sie in Analogie zu einem von Wiesner geschaffenen Terminus (XXIII) als vitale Lasttorsion bezeichnen.

Lastwirkung allein vermag jedoch den ganzen Verlauf der Torsion nicht zu erklären. Beobachtet man nämlich im diffusen Oberlichte eine in der oben bezeichneten Weise horizontal gelegte Pflanze durch einige Tage hindurch, so bemerkt man, daß sich ihre Blätter zufolge ihres Kantengeotropismus in mehr oder minder starkem Maße aufrichten, während sie sich gleichzeitig photonastisch nach außen krümmen. Dabei nimmt die Blatttorsion solange zu, bis die Blattoberseite genau zenithwärts orientiert ist. Diese Verstärkung der Torsion kann kaum mehr der Lastwirkung zugeschrieben werden.

Aber auch aus einem zweiten Versuche erhellt, daß bei den Torsionen der monokotylen Blätter noch andere Ursachen im Spiele sein können. Wenn man ein im Dunkeln getriebenes

Exemplar von *Amaryllis vittata* im Lichte um seine eigene Achse horizontal rotieren läßt, so werden die Blätter, wie vorauszusehen, photonastisch, führen dabei aber, wie zu erwarten, keinerlei Torsionen aus. Bedeckt man jedoch die eine Blatthälfte auf ihrer Unterseite durch lose aufgelegtes schwarzes Papier, so stellt sich bald eine Drehung des Blattes ein, welche vermutlich auf die ungleiche Lichtwirkung zurückzuführen ist. Trotzdem möchte ich diese Torsion nicht als eine heliotropische bezeichnen, neige vielmehr der Ansicht zu, daß sie die Folge der auf beide Blatthälften ungleich stark einwirkenden Photonastie ist, womit natürlich die Existenz heliotropischer Torsionen überhaupt, auf deren Wirksamkeit bereits Wiesner, Vöchting u. a. aufmerksam machten und deren Existenz später von Schwendener und Krabbe eingehend erwiesen wurde, nicht geleugnet werden soll. Leider mußten meine Versuche über dieses Thema infolge vorgeschrittener Jahreszeit abgebrochen werden, so daß die erwähnten Ergebnisse nur als vorläufige gelten können.

Das Zustandekommen der fixen Lichtlage.

Nachdem in den vorhergehenden Abschnitten das Verhalten einiger Monokotylenblätter gegenüber den hauptsächlich in Betracht kommenden Orientierungsursachen untersucht wurde, ist es möglich, eine Vorstellung über das Zustandekommen der fixen Lichtlage dieser Blätter zu gewinnen.

Zunächst ist zu unterscheiden zwischen dem Verhalten aphotometrischer und photometrischer Monokotylenblätter. Zu den ersteren, welche nach Wiesner (XX) dadurch charakterisiert sind, daß ihre Lage — mithin auch ihre Lage zum Lichte — von diesem nicht beeinflußt wird, gehören u. a. die Blätter im Lichte getriebener Zwiebeln von *Allium Cepa*[1] und *Iris*. Die Lage derselben ist allein durch innere Wachstumsursachen und durch Gravitationswirkungen bedingt. Ihrem aphotometrischen

[1] Daß aphotometrische Blätter bei einseitiger Beleuchtung Spuren von Heliotropismus zeigen können, wie es bei *Allium*-Blättern der Fall ist, führt auch Wiesner a. a. O. an.

Charakter entsprechend weisen sie einen radiären oder isolateralen Bau auf.

Die Blätter sämtlicher übrigen untersuchten Monokotylen sind in Beziehung auf ihre Lichtlage als panphotometrisch zu bezeichnen, indem sie zwar auf das Licht in irgend einer Weise reagieren, sich dabei aber nicht senkrecht zur Richtung des stärksten Lichtes stellen, dem intensivsten Lichte vielmehr durch ihre Lage ausweichen. Den einfachsten Fall repräsentieren die in ausgezeichneter Weise heliotropisch empfindlichen Rundblätter von *Allium schoenoprasum*. Zu den bereits oben genannten orientierend wirkenden Ursachen kommt bei diesen noch die Lichtwirkung hinzu, welche sich in einer heliotropischen Blattkrümmung äußert. Kommt die einseitige Wirkung des Lichtes nicht zur Geltung, was auf dem natürlichen Standorte dieser Pflanze häufig der Fall sein dürfte, dann nähern sich diese Blätter in Bezug auf ihr Verhalten bei Erreichung ihrer Lage zum Lichte dem oben angeführten Typus aphotometrischer Blätter.

Die Blätter vom Typus der *Hyacinthe* stellen sich auch bei allseitig gleicher Beleuchtung schräg nach außen, so daß ihre Blattlamina mit der Vertikalen nur einen kleinen Winkel einschließt; infolgedessen genießen die Blätter nur einen Bruchteil des diffusen Zenitlichtes, welches nach den Untersuchungen Wiesners das Vorderlicht beträchtlich an Intensität übertrifft. Aber auch dieses können sie infolge ihrer Lage nicht voll ausnützen, so daß ihnen nur ein geringer Teil des gesamten zur Verfügung stehenden Lichtes nutzbar ist. Ihrem Verhalten dem Lichte gegenüber entspricht auch ihr anatomischer Bau, welcher sich dem isolateralen oder radiären nähert (VII).

Eine viel weitergehende Lichtökonomie weisen die Monokotylen vom Typus *Clivia* (*Agapanthus*, *Imatophyllum* etc.) auf. Auch diese Blätter müssen als panphotometrisch bezeichnet werden. Indem sie sich aber in ihrer Medianebene bogenförmig krümmen, stehen sie mit einem Teile der Lamina im Genusse des Zenithlichtes, während der übrige Blatteil eine sehr günstige Stellung zum Vorderlichte einnimmt. Solche Blätter, welche bereits eine mehr oder minder weitgehende Annäherung an einen dorsiventralen Bau aufweisen, vermitteln den Über-

gang zu den euphotometrischen Monokotylenblättern, bei welchen die Lichtökonomie den höchsten Grad erreicht.

Während die Stellung aphotometrischer Blätter vom Lichte unbeeinflußt ist, übernimmt dieses bei der Orientierungsbewegung panphotometrischer Blätter jedenfalls eine wichtige Rolle. Es erübrigt nur noch zu untersuchen, ob auch andere orientierend wirkende Ursachen an der schließlichen Blattstellung Anteil haben, mit anderen Worten, ob dieselbe Blattlage erreicht wird, wenn die Lichtwirkung allein oder in Kombination mit anderen Bewegungsursachen zur Geltung kommt.

Zunächst läßt sich der sichere Nachweis erbringen, daß der negative Geotropismus der Blätter imstande ist, die Photonastie wesentlich zu beeinflussen. Einen instruktiven Beleg hiezu liefern die mit *Hyacinthus candicans* angestellten Versuche II und III, welche bereits oben (siehe p. 70) mitgeteilt wurden. Während bei gleichzeitigem Einfluß von Schwere und Licht die Blätter mit der Vertikalen einen Winkel von zirka 30° bildeten, vergrößerte sich dieser bei Ausschluß einseitiger Schwerkraftswirkung infolge der nun allein wirksamen Photonastie fast auf 180° (siehe Taf. III, Fig. 10).

Noch deutlicher tritt die Kombinationswirkung bei anfänglich abnorm gelagerten Blättern zu tage. Wird eine Pflanze *(Amaryllis)* im Dunkeln horizontal gelegt, so richten sich die Blätter in kurzer Zeit vertikal auf, gleichgültig ob ursprünglich die Blattober- oder Unterseite zenithwärts orientiert war. Wird hingegen derselbe Versuch im Lichte durchgeführt, so richten sich jene Blätter, welche ihre Unterseite nach oben wenden, energisch auf, wobei sie sich gleichzeitig stark photonastisch krümmen; die mit der Oberseite aufwärts gewendeten Blätter erheben sich hingegen in der Regel nur wenig über die Horizontale. Im ersten Falle summieren sich Photonastie und negativer Geotropismus in ihren Wirkungen, während im letzteren die beiden Bewegungsursachen einander entgegenwirken.[1] Nur jugendliche, noch kräftig wachsende Blätter vermögen sich auch dann beträchtlich zu erheben, wenn ihre Oberseite zenithwärts

[1] Wahrscheinlich macht sich bei dieser Orientierung auch das Blattgewicht stärker bemerkbar.

gerichtet ist, da in diesem Stadium die photonastische Gegenwirkung fehlt oder noch gering ist. Das verschiedene Verhalten derartiger Blätter ist am deutlichsten aus Fig. 13 auf Tafel III zu erkennen.

Werden Pflanzen derart im Lichte horizontal gestellt, daß die Blattkanten nach oben orientiert sind, so richten sich die Blätter infolge ihres negativen Kantengeotropismus auf, während sie sich in ihrer Medianebene photonastisch krümmen.

In ähnlicher Weise läßt sich der Beweis erbringen, daß auch Photonastie und Heliotropismus eine kombinierte Wirkung hervorrufen können. Während im schwachen Lichte Kantenheliotropismus allein zur Geltung kommt, weichen die Blätter im kräftigen Lichte gleichzeitig infolge Photonastie auseinander. Orientiert man die Pflanze hingegen so zur Lichtquelle, daß Photonastie und Heliotropismus in derselben Ebene zur Wirkung gelangen, dann krümmt sich ein Blatt, welches seine Unterseite dem Lichte zukehrt, sehr beträchtlich gegen das Licht (Versuche wurden mit *Amaryllis* und *Narzissus* angestellt), während ein auf seiner Oberseite beleuchtetes Blatt je nach der herrschenden Lichtintensität eine schwach positiv heliotropische oder eine geringe photonastische Krümmung aufweist (Taf. I, Fig. 1).

Da, wie ich glaube, durch diese Beobachtungen der Nachweis erbracht ist, daß die einzelnen orientierend wirkenden Ursachen mit einander in Kombination treten können, ist es zumeist leicht, darüber Rechenschaft zu geben, wie in einem speziellen Falle die Lichtlage monokotyler bandförmiger Blätter zu stande kommt.

Ich will als Beispiele drei der einfachsten Fälle, welche an natürlichen Standorten am häufigsten realisiert sein dürften, in Kürze besprechen. Ich denke dabei an Monokotyle mit zweizeilig angeordneten Blättern.

1. Zenithlicht überwiegend, Vorderlicht allseits annähernd von gleicher Intensität. Die Blätter krümmen sich im Medianus infolge Photonastie. Je mehr die Intensität des Vorderlichtes zunimmt, desto mehr wird die photonastische Krümmung durch den positiven Heliotropismus der Blatt-

unterseite verstärkt, während sie durch den in gleicher Ebene wirkenden negativen Geotropismus vermindert wird.

2. Überwiegend einseitige Beleuchtung. Die gemeinsame Medianebene der Blätter fällt mit der Einfallsebene des Lichtes zusammen. Die unterseits stärker beleuchteten Blätter verhalten sich so wie im vorigen Falle. Die Krümmung der Blätter, welche ihre Oberseite dem stärkeren Lichte zuwenden, wird hingegen, sowohl durch negativen Geotropismus als auch durch positiven Heliotropismus der Blattoberseite beeinträchtigt.

3. Überwiegend einseitige Beleuchtung. Gemeinsame Medianebene der Blätter normal zur Ebene des Lichteinfalls. Die Blätter werden infolge positiven Kantenheliotropismus aus ihrer Insertionsebene gebracht. Die Größe des heliotropischen Effektes wird durch die antagonistische Wirkung des negativen Geotropismus vermindert. Die Blätter werden nun, hinreichende Lichtintensität vorausgesetzt, photonastisch und tordieren in der Weise, daß sich das am linken Rande vom Lichte getroffene Blatt von rechts nach links, das gegenüber inserierte Blatt hingegen von links nach rechts dreht, wodurch sämtliche Blätter ihre Oberseite zenithwärts wenden. Die Torsion selbst ist wahrscheinlich entweder eine Lastwirkung oder die Folge einer auf beide Blatthälften ungleich starken photonastischen Krümmung. (Einen ähnlichen Fall zeigt Taf. I, Fig 4.)

Aus diesen Auseinandersetzungen geht hervor, daß wir, gestützt auf die aus den Versuchen gewonnenen Resultate, die Lichtstellung der untersuchten Monokotylenblätter, wie ich glaube, in befriedigender Weise erklären können, wenn wir sie auf eine Kombination von Photonastie, positivem Heliotropismus und negativem Geotropismus zurückführen, wobei jedoch der erstgenannten Orientierungsursache die Hauptrolle zufällt. In keinem Falle sind wir genötigt, zur Erklärung der Lichtlage die ausschließliche Wirkung oder auch nur die Beteiligung des Transversalheliotropismus oder — allgemeiner ausgedrückt — einer spezifischen Reaktionsweise der Blätter gegenüber dem Lichte anzunehmen.

Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse.

1. Die Blätter der untersuchten Monokotylen sind, wenn überhaupt, stets positiv heliotropisch. Negativer Heliotropismus konnte auf experimentellem Wege niemals mit Sicherheit nachgewiesen werden.

2. Die bandförmigen Monokotylenblätter von Typus *Clivia* zeigen eine heliotropische Krümmung, sowohl wenn ihre Ober- oder Unterseite, als auch wenn ihre Flanke vom Lichte getroffen wird. Im ersteren Falle steht die Ebene der heliotropischen Krümmung senkrecht auf der Blattebene (Flächenheliotropismus), im letzteren erfolgt hingegen eine Sichelkrümmung des Blattes, wie sie bereits Wiesner in einigen Fällen nachweisen konnte, indem die Ebene der heliotropischen Krümmung mit der Blattebene zusammenfällt (Kantenheliotropismus). Unter natürlichen Beleuchtungsverhältnissen macht sich der letztere häufig dadurch geltend, daß er die Blätter — zunächst bei zweizeiliger Anordnung — aus ihrer Insertionsebene heraus in günstigere Beleuchtungsverhältnisse bringt.

3. Sämtliche Monokotylenblätter sind stets, sowohl im Dunkeln als auch im Lichte, bisweilen in auffallend starkem Maße *(Allium)* negativ geotropisch. Die bandförmigen Blätter zeigen je nach ihrer Orientierung Flächen- beziehungsweise Kantengeotropismus.

4. Vaginalblätter hemmen in gewissen Fällen (Narzisse) in mehr oder minder starkem Maße die heliotropische, beziehungsweise geotropische Krümmung der von ihnen eingeschlossenen Blatteile.

5. Flächenförmige Monokotylenblätter werden bei der Kultur im Dunkeln häufig hyponastisch, bisweilen in so hohem Grade, daß sich die Blattunterseiten nach oben kehren *(Amaryllis)*.

6. Die im Lichte, namentlich bei bandförmigen Monokotylenblättern, auffallende Bogenkrümmung der Blätter beruht auf Photonastie, genauer Photoepinastie. Weitere Untersuchungen müssen jedoch zeigen, ob dieselbe als Orientierungsursache sui generis aufzufassen ist, oder ob sie auf eine

Erscheinungsform des Heliotropismus zurückgeführt werden kann.

7. Die Torsionen der Monokotylenblätter sind spontan oder paratonisch. Letztere können auf einer Lastwirkung beruhen (vitale Lasttorsionen) oder durch ungleiche Beleuchtung beider Blatthälften hervorgerufen werden. Andere Torsionsursachen wurden bisher noch nicht näher untersucht.

8. Die Lage aphotometrischer Blätter zum Lichte wird durch spontane und geotropische Krümmungen bedingt. Am Zustandekommen der fixen Lichtlage panphotometrischer, meistens bandförmiger Blätter sind verschiedene Orientierungsursachen beteiligt, und zwar in erster Linie Photoepinastie, positiver (Flächen- und Kanten-) Heliotropismus sowie negativer Geotropismus. Die Annahme eines Transversalheliotropismus ist zur Erklärung der fixen Lichtlage dieser Blätter unnötig.

Literaturnachweis.

I. Darwin Ch., Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Übers. von J. C. Carus. Stuttgart, 1881.

II. — Fr., On the power possessed by leaves of placing themselves at right angles to the direction of incident light. Extr. f. the Linn. Soc. Journ. Bot. XVIII, 1880. Cit. nach Vöchting.

III. Dutrochet H. J., Mémoires pour servir à l'hist. anatomique etc. Vol. II. Cit. nach Wiesner, Die heliotr. Ersch. im Pflanzenreiche.

IV. Frank A. B., Die natürliche wagrechte Richtung von Pflanzenteilen und ihre Abhängigkeit vom Lichte und von der Gravitation. Leipzig, 1870.

V. Hofmeister W., Handb. der phys. Bot. II. Die Lehre von der Pflanzenzelle. Leipzig, 1867.

VI. Krabbe G., Zur Kenntnis der fixen Lichtlage der Laubblätter. Jahrb. für wiss. Bot., XX, 1889.

VII. Lampa E., Untersuchungen über einige Blattformen der Liliaceen. Österr. bot. Zeitschr., 1900, Nr. 12.

VIII. Noll Fr., Über die normale Stellung zygomorpher Blüten und ihre Orientierungsbewegungen zur Erreichung

derselben. Arb. aus dem bot. Inst. in Würzburg. III; I. T., p. 189 bis 252; II. T., p. 315 bis 371.

IX. Oltmanns F., Über die photometrischen Bewegungen der Pflanzen. »Flora«, 1892, Nr. 2.

X. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, II. Bd., Leipzig, 1881.[1]

XI. Rothert W., Über Heliotropismus. Cohn, Beitr. zur Biol. der Pflanzen, VII, 1894, H. 1.

XII. Sachs J., Über orthotrope und plagiotrope Pflanzenteile. Arb. des bot. Inst. in Würzburg. II, 1882; Heft 2, 1879, p. 226. Abgedruckt in »Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphys.«, II. Bd., p. 1004 bis 1064.

XIII. — Lehrbuch. III. Aufl., Lpz. 1873.

XIV. Schwendener und Krabbe, Über die Orientierungstorsionen der Blätter und Blüten. Abh. der Berl. Akad. der Wiss., 1892, p. 1 bis 115. Abgedruckt in »Schwendener, Gesammelte bot. Mitteilungen«. II., p. 255 bis 368. Zusatz von Schwendener p. 369 bis 373.

XV. Stahl, E. Über den Einfluß des Standortes auf die Ausbildung der Laubblätter. Jen. Zeitschr. f. Naturw., XVI, 1883, p. 187.

XVI. Vöchting H., Über die Lichtstellung der Laubblätter. Bot. Zeitung, XLVI, 1888, Nr. 32, p. 501.

XVII. Vries H., Über einige Ursachen der Richtung bilateralsymmetr. Pflanzenteile. Arb. des bot. Inst. zu Würzburg, 1871.

XVIII. Wiesner J., Die heliotropischen Erscheinungen im Pflanzenreiche. Denkschr. der kais. Akad. der Wiss. in Wien, math.-naturw. Kl., I. T., 1878; II. T., 1880.

XIX. — Das Bewegungsvermögen der Pflanzen. Wien, Verl. A. Hölder, 1881.

XX. — Über die Formen der Anpassung des Laubblattes an die Lichtstärke. Biol. Zentralbl., XIX, 1899, Nr. 1.

XXI. — Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls der lebenden Pflanze. Festschr. der k. k. zool.-bot. Ges., Wien, 1876.

[1] Die neue Auflage des Handbuches, welche während der Drucklegung dieser Abhandlung erschien, konnte bedauerlicherweise nicht mehr berücksichtigt werden.

XXII. — Einige neue Tatsachen, welche zur Erklärung der spontanen Nutationen und der fixen Lichtlage der Blätter herangezogen werden können. Bot. Zeitung, 1884, XLII, p. 657.

XXIII. Wiesner J., Studien über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane. Diese Sitzungsberichte, CXI, p. 733.

XXIV. — Elemente der wiss. Botanik. I. Bd.: Anat. und Physiol., IV. Aufl., 1898.

Dieser Literaturnachweis erhebt auf Vollständigkeit keinen Anspruch. So werde ich insbesondere auf die wichtigen einschlägigen Arbeiten von Czapek, Noll u. a. erst in den folgenden Untersuchungen genauer einzugehen haben.

Figurenerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. *Narcissus poëticus.* Kultiviert bei einseitiger Beleuchtung. Die Blätter zeigen deutlichen Flächenheliotropismus.

Fig. 2. *Narcissus poëticus.* Von vorn einseitig beleuchtet. Sämtliche Blätter von links nach rechts tordiert.

Fig. 3. *Agapanthus umbellatus.* Das jüngste Blatt zeigt eine deutliche Sichelkrümmung infolge von Kantenheliotropismus.

Fig. 4. *Clivia nobilis.* Sichelkrümmung infolge von Kantenheliotropismus bei Kultur in einseitig einfallendem Lichte. Die Blätter sind überdies soweit gedreht, daß sie ihre Oberseite zenithwärts richten.

Tafel II.

Fig. 5. *Hyacinthus orientalis* im diffusen Lichte kultiviert.

Fig. 6. » » bei Lichtabschluß kultiviert.

Fig. 7. *Amaryllis vittata* bei Lichtabschluß kultiviert.

Fig. 8. » » im diffusen Lichte ruhend aufgestellt.

Fig. 9. » » in allseits gleichem Lichte bei Ausschluß von Oberlicht kultiviert.

Tafel III.

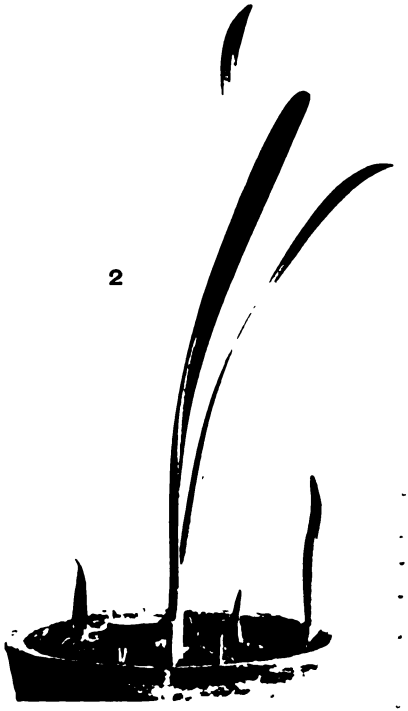
Fig. 10. *Hyacinthus candicans.* Kultiviert in allseits gleichem Lichte bei Aufhebung der Schwerkraftswirkung.

Fig. 11. *Hyacinthus candicans,* dem Lichte und der Gravitationswirkung ausgesetzt.

Fig. 12. *Hyacinthus candicans.* Bei Lichtabschluß kultiviert.

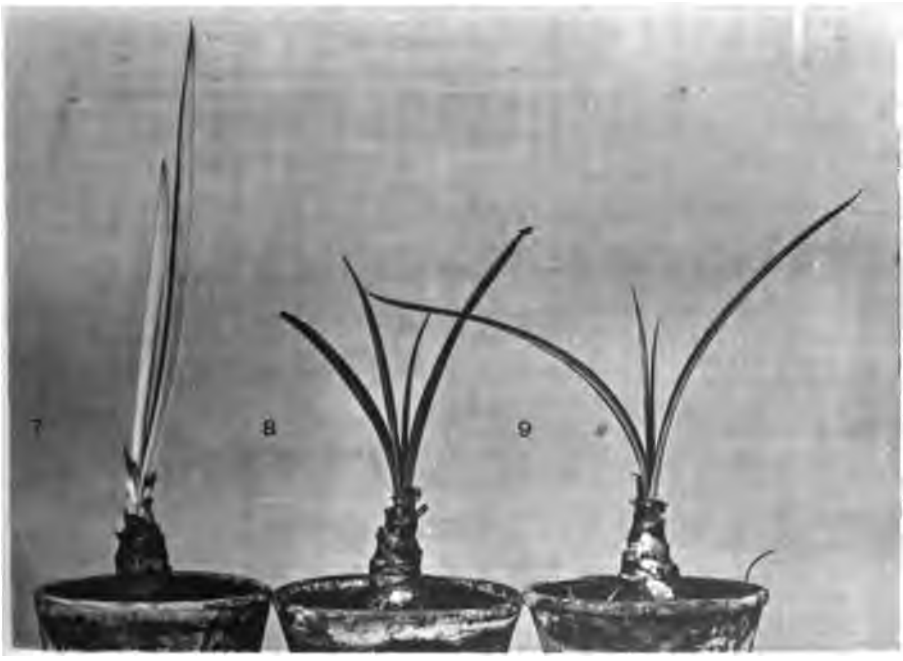
Fig. 13. *Amaryllis vittata.* Horizontal im Lichte aufgestellt, das Zusammenwirken von Photonastie und negativem Geotropismus zeigend.[1]

[1] Die Blattränder sind teilweise mit Stanniol bedeckt, da die Pflanze noch zu einem anderen Versuche verwendet wurde. Das Bild der Krümmung war auch bei den nicht mit Stanniol bedeckten Pflanzen das gleiche.



Ant. phot. Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.

Digitized by Google



Aut. phot. Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.

Document Control

Aut. phot. Kunstanstalt Max Jaffé, Wien.

STANFORD LIBRARY

Über Meteoreisen von De Sotoville

von

Dr. **Aristides Brezina** und Prof. Dr. **Emil Cohen.**

(Mit 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Februar 1904.)

W. M. Foote beschrieb 1899[1] sechs Eisenmassen aus Alabama, von denen drei südlich von De Sotoville in Choctaw Co., drei nördlich desselben Ortes in Sumter Co. gefunden worden sind. Die Fundpunkte liegen in ungefähr gleicher Entfernung vom Tombigbee River auf einer 16 *km* langen, nahezu geraden Linie, und die Blöcke waren derart angeordnet, daß ihre Gewichte von Nord nach Süd abnehmen. Foote schlägt für dies neue Meteoreisen den Namen »Tombigbee River« vor; da der Fluß aber Alabama nahezu auf eine Erstreckung von 300 *km* durchläuft, die Ortsbestimmung also sehr unzulänglich ist, dürfte De Sotoville als Lokalitätsbezeichnung vorzuziehen sein.

Über die Gewichte, sowie über die Zeit und Art des Findens der sechs Blöcke liegen folgende Angaben vor:

I. 15.019 *g*; gefunden 1878; wahrscheinlich durch einen entwurzelten Baum an die Oberfläche gelangt.

II. 11.976 *g*; gefunden 1886 beim Pflügen; von unregelmäßig gerundeter Gestalt.

III. 9.215 *g*; gefunden 1886; Gestalt ähnlich II.

[1] Note on a new meteoric iron found near the Tombigbee River, in Choctaw and Sumter Counties, Alabama, U. S. A. Amer. J. 1899. (3) VIII. 153—156. M. 2 Tf. und einer Kartenskizze.

IV.	3.568 *g*; gefunden	beim Straßenbau; flach und länglich.
V.	3.260 *g*; gefunden	beim Pflügen; eiförmig.
VI.	757 *g*; gefunden 1859;	flach und oval; zum Teil zu einem Nagel verschmiedet, so daß das ursprüngliche Gewicht größer war.

Die Bildung der Rostrinde wird von dem Austreten rötlichbrauner Tropfen begleitet, und nach der Angabe des Finders von Block I soll dessen Gewicht 1878 22.200 *g* betragen haben, so daß in 21 Jahren eine Verminderung um 7181 *g* durch Rostbildung eingetreten wäre, da die Gestalt nicht auf Abtrennung eines Stückes schließen läßt. Die Erwähnung von schüsselförmigen Vertiefungen auf der Oberfläche macht eine so starke Verminderung des Volumens nicht gerade wahrscheinlich.

Zieht man die Gewichtsveränderungen von I und VI in Betracht, so würde das Gesamtgewicht ursprüglich über 51 *kg* betragen haben.

Von Foote wurden die Blöcke V und III näher untersucht. Am ersteren beobachtete er deutliche »Spaltbarkeit«, welche auf dünne Platten eines schwefelkiesartigen Minerals zurückgeführt wird; auf Schnittflächen erscheine dasselbe als scharfe, kritzenartige Linien. Darnach wäre es keine Teilbarkeit. Beim Ätzen des weichen und leicht polierbaren Eisens zeigte sich kubische Krystallisation; die außerordentlich feinen, unter verschiedenen Winkeln sich kreuzenden, nur unter der Lupe deutlich erkennbaren Linien werden als Widmanstätten'sche Figuren bezeichnet. Block III liefere eine abweichende Ätzfläche, indem die Figuren von I fehlen. Ein Teil des »Plessit« zeige eine an »metallischen Sonnenstein« erinnernde Erscheinung infolge der Anordnung von zinnweißen Blättchen oder von Rissen; ein anderer Teil des »Plessit« bleibe vollständig glatt. Whitfield's Analyse von V folgt unter I.

Berwerth stellt De Sotoville (Tombigbee) in seinem »Verzeichnis der Meteoriten im k. k. naturhistorischen Hofmuseum,

Ende Oktober 1902«[1] zu den dichten Eisen; Klein vermutet Zugehörigkeit zu den Oktaëdriten mit feinsten Lamellen, betont aber, daß es noch genauerer Untersuchung bedarf.[2]

Es erschien uns wünschenswert, die schon von Foote angedeutete verschiedene Ausbildung einzelner Blöcke näher zu studieren und eingehender zu beschreiben. An Material stand zur Verfügung: von I 1054 *g* mit 135 *cm²*, von III 570 *gr* mit 75 *cm²* und von VI ein 243 *g* schweres Endstück mit 38 *cm²* Schnittfläche.

Allen drei Blöcken gemeinsam ist der große Reichtum an Phosphornickeleisen. Es tritt der Masse, wenn auch nicht der Zahl der Individuen nach weitaus vorherrschend in der Schreibersitform auf und bildet dann in der Regel langgestreckte, mäandrisch gewundene Individuen mit haken- oder schleifenförmigen Ansätzen. Bezüglich der Größe und Mannigfaltigkeit der Gestalt dieser Schreibersite, welche eine Länge von 7 *cm* erreichen, dürfte De Sotoville alle übrigen bekannten Meteoreisen mit Ausnahme von Primitiva übertreffen. Daneben kommen auch gedrungenere, sich mannigfach verästelnde, Hieroglyphen vergleichbare, sowie hakenförmige Gestalten und unregelmäßig klumpige Formen vor.

Ein anderer Teil des Phosphornickeleisen tritt als Rhabdit auf. Man trifft ihn hie und da vereinzelt liegend, meist aber gruppenweise angehäuft und dann in zweifacher Ausbildung und Anordnung. An manchen Stellen (siehe *a b* und *c d* in Figur 1; ein Stück von Block I in Naturgröße) reichern sich bis zu 3 *mm* lange Nadeln (oder vielleicht auch Plättchen) lagenweise an, ähnlich wie in Hex River; sie scheinen nach drei Richtungen gesetzmäßig orientiert zu sein, und zwar derart, daß zwei Richtungen sich unter 90° schneiden, die dritte diagonal verläuft. Die Anreicherung ist in den etwa $1^1/_2$ *cm* von

---

[1] Ann. d. k. k. naturhistor. Hofmus. 1903. XVIII. 15 u. 81.

[2] Die Meteoritensammlung der Königlichen Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin am 5. Februar 1903. Sitz. Ber. d. Kön. preuß. Ak. d. Wiss. 1903. 168 Im jüngst erschienenen Verzeichnisse für den 21. Jänner 1904 steht das Eisen mit Fragezeichen bei den Hexaëdriten. Ebendas. 1904. 131.

einander entfernten Lagen sehr verschieden, ebenso wie die Ausdehnung der letzteren; zum Teil durchsetzen sie vollständig eine große Platte, zum Teil lassen sie sich nur auf kurze Erstreckung verfolgen. Stets fehlen Schreibersite auf einige Entfernung ganz, wo Rhabdite sich in größerer Zahl anhäufen. Schließlich treten an manchen Stellen in der Nähe der natürlichen Oberfläche Riesenrhabdite auf (*r* in Figur 3, Seite 99, ein Stück von Block III in Naturgröße); bei einer Breite von 0·05 bis 0·15 *mm* erreichen sie eine Länge von 2 *cm* und liegen teils unter einander parallel, teils kreuzen sie sich, wie es scheint,

Fig. 1.

gesetzlos unter sehr verschiedenen Winkeln. Sollte aber auch hier eine gesetzmäßige Orientierung vorhanden sein, so ist es jedenfalls eine andere, wie bei den lagenweise angereicherten Rhabditen. Die meisten Riesenrhabdite werden beim Ätzen rauh und glanzlos, so daß es den Anschein hat, als seien sie nicht mehr ganz unverändert. Alle Rhabdite sind von einer stark glänzenden Ätzzone umgeben, während eine solche bei den großen Schreibersiten nur ausnahmsweise und auch dann nur an Teilen eines Krystalls vorhanden ist.

Die Riesenrhabdite scheinen es zu sein, welche Foote als »schwefelkiesartiges Mineral« erwähnt; gegen diese Deutung

spricht schon, daß Schwefel bei den Analysen teils gar nicht, teils nur in geringer Menge gefunden worden ist. Jedenfalls haben wir Schwefeleisen in sichtbaren Partien nirgends beobachtet, was bei der Größe der untersuchten Schnittflächen recht bemerkenswert erscheint.

Am Rand der Platten kommt öfters »Eisenglas« vor, welches gern größere Schreibersite einhüllt, auch wohl in dieselben eindringt. Beim Herauslösen von Krystallen bleibt dann eine dünne schwarze Schicht fest am Nickeleisen haften; sie ist stellenweise in einen braunen Mulm übergegangen, welcher gegen Erwartung keine Chlorreaktion gab.

Für den Schreibersit erhielt der eine von uns an sorgfältig ausgelesenem Material die folgende Zusammensetzung:[1]

Angew. Subst.	0·6490
Rückstand	0·15
Fe	71·70
Ni	12·58
Co	0·32
P	15·45
	100·20

$$Fe + Ni + Co : P = 3{\cdot}014 : 1$$

Darnach gehört der vorliegende Schreibersit zu den nickelärmsten, welche bisher untersucht worden sind; es wäre von Interesse festzustellen, ob auch hier der Rhabdit, wie gewöhnlich, sich durch höheren Nickelgehalt auszeichnet.

Während die accessorischen Gemengteile und ihre Ausbildung demnach in allen drei Blöcken gleich sind, ist die Struktur so abweichend, daß eine getrennte Beschreibung zweckmäßig erscheint.

Block I.

Nach nicht zu starkem Ätzen erscheinen dicht gedrängte Neumann'sche Linien, welche von solcher Feinheit sind, daß

[1] Die Analyse ist schon E. Cohen: Meteoritenkunde, II. 233 veröffentlicht worden.

man sie mit unbewaffnetem Auge kaum wahrnimmt; unter der Lupe treten sie jedoch mit außerordentlicher Schärfe hervor. Von den verschiedenen Liniensystemen zeichnen sich einige, wie gewöhnlich, durch ihre Länge vor den übrigen aus, aber nicht gleichzeitig auch durch Tiefe und Breite, wie dies bei anderen Hexaëdriten meist der Fall ist. Die Ätzlinien setzen in der Regel scharf an den großen Schreibersiten ab; nur gelegentlich beobachtet man eine schwache Stauchung. Abgesehen von der letzteren, durchaus lokalen Erscheinung erstrecken jene sich mit gleicher Orientierung durch die ganze Schnittfläche. Bei diesem Stadium der Ätzung nimmt die Ätzfläche einen kräftigen, atlasartigen Schimmer an, derartig, daß letzterer nicht einheitlich ist, sondern daß sich Partien mit stärkerem und schwächerem Reflex unterscheiden lassen, welche beim Drehen der Platte allmählich in einander übergehen. Der Unterschied in dem Verhalten einzelner Teile gegen das einfallende Licht scheint dadurch bedingt zu sein, daß stellenweise nur Neumann'sche Linien vorhanden sind, an anderen Stellen allmählich, schließlich aber in großer Zahl Ätzgrübchen hinzutreten, mit deren Zunahme jene undeutlicher werden. Jedenfalls kann man hier deutlich erkennen, daß ein orientierter Schimmer auch durch Ätzlinien allein bedingt sein kann,[1] und daß das Hinzutreten von Ätzgrübchen denselben nicht zu verstärken braucht. Es ist dies auch leicht erklärlich, da die Grübchen von Hexaëderflächen begrenzt sind, die durch Herausätzen der Zwillingslamellen freigelegten Flächen aber nach anderen Richtungen verlaufen, und bald der eine, bald der andere Reflex vorzugsweise den Schimmer bedingen wird.

Bei stärkerem Ätzen vertiefen und verbreitern sich zunächst die Ätzlinien und Ätzgrübchen, und es scheinen auch neue Ätzlinien hinzuzutreten; schließlich werden die kleinen glatten und stark glänzenden Felder zwischen den Neumann'schen Linien zu rundlichen Höckern, die ganze Ätzfläche erhält ein gerieftes und gekörneltes Aussehen und der zuerst kräftiger

[1] Vgl. G. Linck: Über die Zwillingsbildung und den orientierten Schimmer am gediegen Eisen. Zeitschr. f. Krystallogr. 1892. XX. 215 und Über das Krystallgefüge des Meteoreisens. Ann. d. k. k. naturhistor. Hofmuseums. 1893. VIII. 116.

und einheitlicher gewordene orientierte Schimmer wird jetzt matt durch diffuse Reflexion. An den Schreibersiten zeigt das hexaëdrische Eisen häufig 0·3 bis 0·5 *mm* breite Ätzzonen, auf denen das Eisen bei der Ätzung hellgrau geblieben ist, während es fern von den Schreibersiten immer dunkelgrau wird. Dasselbe zeigt sich in der Nachbarschaft der Rhabdite.

Läßt sich schon aus dem gleichmäßigen Verlauf der Neumann'schen Linien und aus den zu parallelen Lagen angehäuften Rhabditen, sowie aus ihrer Orientierung innerhalb der Lagen (Figur 1) schließen, daß der ganze Block ein Individuum ist vom Aufbau der Hexaëdrite, so wird dies Resultat bestätigt, wenn man eine Platte halb anschneidet und dann bricht. Die Bruchfläche liefert Spaltungselemente, welche nach drei auf einander senkrechten Richtungen orientiert sind Größere zusammenhängende Spaltungsflächen entstehen allerdings nicht, da die Trennung meist nach Schreibersitgrenzen stattfindet und dadurch die Spaltung unterbrochen wird.

Block VI.

Die Ätzfläche zeigt ebenfalls einen atlasartigen Schimmer, der aber hier eigentümlich geflammt erscheint, in ähnlicher Weise, wie wir es früher von Primitiva beschrieben haben.[1] Neumann'sche Linien treten sehr zurück; sie sind nur unter einer scharfen Lupe deutlich zu erkennen und beschränken sich dann fast ganz auf diejenigen Teile des Nickeleisen, welche in der Nähe großer Schreibersite liegen oder von Wachstumsformen derselben umhüllt werden. Neben oder statt der Ätzlinien trifft man überall feine, kurze, schwach gekrümmte Risse, welche untereinander annähernd parallel und zugleich im großen parallel der Richtung des geflammten Schimmers verlaufen. Figur 2 zeigt eine Partie in der Umgebung eines Schreibersit (mit dem Buchstaben *s* am Rande links und unten bezeichnet) in 4·15facher Vergrößerung. Man sieht die geraden,

[1] A. Brezina, Die Meteoritensammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums, Ann. d. k. k. naturhistor. Hofmus. 1895. X. 296. — E. Cohen, Meteoreisen-Studien. VI, Ibid. 1897. XII. 122.

Fig. 2.

sehr feinen Neumann'schen Linien, deren Breite unter dem Mikroskop zu 0·003—0·004 *mm* bestimmt werden kann, vorwiegend in zwei Richtungen verlaufen, welche miteinander einen Winkel von 55° einschließen. Die welligen Linien sind viel breiter (0·04—0·05 *mm*) und verlaufen — wenigstens in den nicht gestauchten Partien — nahezu nach der längeren Diagonale des aus den scharfen Linien gebildeten Rhombus (es wurden Winkel von 38, 17—30 und 25° gemessen). Häufig stehen die welligen Linien mit ihren Enden auf je einer der beiden unter 55° geneigten Liniensysteme. An zwei Stellen — in der Mitte des Schreibersitbogens und in einer (im Bilde nicht mehr sichtbaren) Bucht links unter dem Krystall — zeigt sich eine beträchtliche Stauchung, welche die scharfen Linien wenig, die Wellenlinien stark verbiegt. Die längliche Eiseninsel in der Mitte unten erscheint gegen die Eisenpartien jenseits des Schreibersit um 8° gedreht. Die beiden scharfen und das wellige Liniensystem scheinen zusammengehörige Neumann'sche Linien darzustellen, von denen die ersteren steil, die letzteren sehr flach gegen die Schnittfläche geneigt sind.

Außer diesen Strukturlinien ist noch eine Reihe weiterer Strukturelemente erkennbar. Zunächst eine (mit dem Buchstaben *a* am Rande bezeichnete) Ader, welche in doppelter Krümmung von der Mitte oben auf die oberste Spitze des Schreibersit zuläuft, dann gegen den linken oberen Schreibersitarm hinzieht, diesen unter schwacher Verwerfung durchsetzt und parallel mit dem nach unten gebogenen Teil des Armes ein Stück in die große Eisenbucht hineinläuft. Diese Ader ist feinkörnig und fleckig, ähnlich der am nächsten Stücke zu beschreibenden Verwerfungsader, liegt aber hier größtenteils in nicht körnigem Grunde, während letztere in grober körniger Masse verläuft. Die hier in Betracht kommende Ader gleicht auch einigermaßen den beiden an Primitiva abgebildeten dünnen Verwerfungsadern.[1] Eine andere Erscheinung ist die stellenweise zu beobachtende Abkörnung, welche ganz unabhängig von den Neumann'schen Linien, diese durchsetzend, verläuft.

[1] A. Brezina l. c. Fig. 39.

Die lagenförmig angereicherten, hier durchweg sehr feinen und kurzen Rhabdite sind nämlich zum größeren Teil von 0·05—0·3 *mm* großen Nickeleisenkörnern umgeben, welche sich öfters auf die allernächste Umgebung der Nadeln beschränken und dann wie Beeren an einem Stiel sitzen. Auch längs einiger Riesenrhabdite (im Bilde rechts oben mit dem Buchstaben *r* bezeichnet) oder einzelner Flächen von großen Schreibersiten, sowie feiner, unregelmäßig verlaufender Risse findet sich eine schmale feinkörnige Zone, aber die gesamten körnigen Partien machen nur einen minimalen Teil der ganzen Schnittfläche aus.

Block III.

Der größte Teil des Nickeleisen zerlegt sich in sehr verschieden gestaltete — rundliche, längliche, mannigfach ausgebuchtete oder gezackte — scharf begrenzte Körner, von denen je ein Teil den gleichen kräftigen, orientierten Schimmer liefert. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 0·2 und 1·5 *mm*, und die Gestalt ist im allgemeinen um so unregelmäßiger, je größer die Dimensionen sind. Stellenweise herrschen Partien von sehr feinkörnigem Gefüge mit eigenem orientierten Schimmer, in denen aber vereinzelt oder gruppenweise größere Körner mit abweichendem Schimmer liegen. Wie im Block VI legt sich auch hier eine Reihe stark glänzender Körner direkt an die Riesenrhabdite, wodurch sie sich scharf abheben. Unter dem Mikroskop erscheinen die Körner zum Teil fleckig und dann schwächer schimmernd, zum Teil voll dichter, gitterförmig sich kreuzender Ätzlinien und dann mit lebhafterem orientierten Schimmer. Stellenweise — besonders dort, wo Nickeleisenpartien von sich verästelndem Schreibersit eingeschlossen werden oder sich zwischen benachbarte größere Schreibersite einschieben — liegen Körner mit glatter Ätzfläche isoliert, und die Grundmasse zeigt dann Neumann'sche Linien, welche unverkennbar sind, wenn auch ihre Entwicklung weit weniger vollkommen ist, als in Block I.

Unabhängig von den Körnern ist ein Netzwerk feiner, unregelmäßig verlaufender Risse vorhanden, jene gelegentlich

durchsetzend, also späterer Entstehung. Sie treten schon nach schwachem Ätzen hervor, wenn die körnige Struktur sich noch nicht merklich macht und sind wohl als eine Absonderungserscheinung zu betrachten.

Sehr bemerkenswert ist die schon oben erwähnte, die ganze Platte durchziehende feinkörnige, mikroskopisch dicht erscheinende Partie, welche in Form einer durch eine schmale, mit dunklen staubförmigen Partikeln erfüllte Randzone scharf sich abgrenzenden Ader von 1—3 *mm* Breite auftritt (Fig. 3 bei dem Buchstaben *a* entspringend). Sie durchsetzt einen der mit *r* am Rande bezeichneten Riesenrhabdite, welcher um 2 *mm* verworfen erscheint.

Fig. 3.

Es liegen Analysen von den Blöcken I, III und V vor.

1. Block I. Dr. R. Knauer und E. Cohen.
2. » III. Dr. O. Hildebrand und E. Cohen.
3. » III. Dr. R. Knauer.
4. » V. J. E. Whitfield; mitgeteilt von Foote l. c. 154.

a gibt die Gesamtzusammensetzung, *b* die Zusammensetzung des Nickeleisen nach Abzug der accessorischen Gemengteile, *c* die mineralogische Zusammensetzung des untersuchten Stückes.

	1*a*	2*a*	3*a*	4*a*
Fe	95·41	95·18	95·14	95·02
Ni	4·04	4·32	4·82	4·11
Co	0·74	0·69		0·40
Cr	0·02	0·00	0·01	
Cu	0·04	0·04	0·05	
C		0·07		0·16
P	0·14	0·20	0·29	0·32
S	0·05	0·00	0·06	Spur
Cl		0·00		
Rückstand	0·02			
	100·46	100·50	100·37	100·01

	1*b*	2*b*	3*b*	4*b*
Fe	95·40	95·22	95·60	95·86
Ni	3·83	4·02	4·34	3·62
Co	0·71	0·65		0·36
Cr	0·02	0·00	0·01	
Cu	0·04	0·04	0·05	
C		0·07		0·16
	100·00	100·00	100·00	100·00

	1*c*	2*c*	3*c*	4*c*
Nickeleisen	98·93	98·71	97·96	97·89
Phosphornickeleisen	0·91	1·29	1·88	2·11
Troilit	0·14		0·16	
Rückstand	0·02			
	100·00	100·00	100·00	100·00

Der Gehalt an Ni + Co ist der niedrigste, welcher bisher in einem Meteoreisen gefunden ist, wenn man nur die neueren zuverlässigen Analysen in Betracht zieht.

Wir sehen sonach, daß einerseits die chemische Zusammensetzung der Blöcke identisch ist, anderseits trotz vielfacher Verschiedenheiten im Bau derselben auch mancherlei Be-

ziehungen vorhanden sind. Block I für sich allein betrachtet wäre als hexaëdrisches Eisen anzusehen, Block VI als ebensolches, das stellenweise körnige Struktur besitzt, während in Block III nur noch Spuren von Neumann'schen Linien sichtbar sind. Hingegen ist das Auftreten der Riesenrhabdite in I und III vollkommen das gleiche, ebenso die Beschaffenheit der Verwerfungsadern. Hinzu kommen noch die Nähe der Fundorte, sowie die Gleichheit der accessorischen Gemengteile bei ihrer ungewöhnlichen Ausbildung und Anordnung. An der Zusammengehörigkeit der Blöcke ist demnach unseres Erachtens nicht zu zweifeln.

Man muß annehmen, daß die verschiedenen Blöcke des De Sotoville-Eisen ursprünglich normaler Hexaëdrit gewesen sind und in verschieden hohem Grade oder verschieden lange den Agentien ausgesetzt waren, welche eine Umwandlung der Struktur bewirkten. Es liegt wohl am nächsten hierbei an einen verschiedenen Grad von Erhitzung zu denken, welche bei einigen Blöcken bis zur Erweichung oder vollständigen Umschmelzung der ganzen Masse führte. Das Endstück von Block VI würde einen geringen Grad der Veränderung repräsentieren, bei welchem nur der Zwillingsaufbau im wesentlichen verschwunden ist und ein körniges Gefüge an einigen Stellen sehr beschränkten Umfanges zur Ausbildung gelangte, während bei Block III fast die ganze Masse eine körnige Struktur angenommen hat und die Zwillingslamellen nur ganz lokal soweit erhalten blieben, daß man gerade noch Andeutungen von Neumann'schen Linien findet. Es kann nicht mit Bestimmtheit entschieden werden, ob die fraglichen Blöcke von den Findern erhitzt worden sind, wie dies so oft bei Meteoreisen der Fall gewesen ist, oder ob eine sekundäre Erweichung, respektive Umschmelzung schon vor dem Fall, respektive während desselben stattgefunden hat, wie dies einer von uns für N'Goureyma angenommen hat.[1]

Neben den thermischen Vorgängen müssen auch solche mechanischer Art stattgefunden haben, durch welche die

[1] E. Cohen, Das Meteoreisen von N'Goureyma unweit Djenne, Provinz Macina, Sudan. Mitteil. aus dem naturwiss. Ver. für Neu-Vorpommern u. Rügen 1901. XXXIII. 145—159.

Stauchungen und Verkrümmungen der Neumann'schen Linien, sowie die Verwerfungen und Aderbildungen hervorgerufen wurden.

Die mechanischen Veränderungen können keinesfalls auf künstlichem Wege erzeugt worden sein, da unsere Hilfsmittel viel zu grob sind, um bei der notwendig gewesenen enormen Arbeitsleistung so zarte Verschiebungen hervorzubringen, wie sie insbesondere bei den Stauchungen notwendig waren.

Da aber in der Nähe der Verwerfungen und Adern ganz ähnliche Strukturänderungen auftreten, wie bei den anscheinend thermisch veränderten Partien, kommen wir zu dem Schlusse, daß wahrscheinlich auch die thermischen Prozesse nicht künstlichen, terrestrischen Ursprunges, sondern gemeinsamer kosmischer Natur mit den mechanischen sind, daß also eine schrittweise Umwandlung eines hexaëdrischen Eisen durch Erhitzung und Pressung gegen ein dichtes Eisen hin stattgefunden habe.

Schließlich mag darauf hingewiesen werden, daß Primitiva, welches oben mehrfach zum Vergleich herangezogen wurde, nicht nur strukturell und bezüglich der Ausbildung der Schreibersite mancherlei Ähnlichkeit mit De Sotoville (insbesondere mit dem Blocke VI) zeigt, sondern auch nahezu den gleichen ungewöhnlich niedrigen Gehalt an Ni+Co besitzt. Zum Vergleiche folgen:

	Gesamtzusammensetzung von	
	De Sotoville (Mittel)	Primitiva
Fe	95·19	94·72
Ni	4·16	4·72
Co	0·61	0·71
Cr	0·01	0·00
Cu	0·04	Spur
C	0·08	0·03
P	0·24	0·18
S	0·03	0·02
Cl	0·00	0·00
	100·36	100·38

	Mineralogische Zusammensetzung von	
	De Sotoville (Mittel)	Primitiva
Nickeleisen	98·37	98·77
Phosphornickeleisen	1·55	1·17
Schwefeleisen	0·08	0·06
	100·00	100·00

Es würde sich wohl lohnen, an größeren Schnittflächen zu prüfen, ob sich nicht etwa auch im Primitivaeisen noch Spuren Neumann'scher Linien entdecken lassen.

Die geologischen Ergebnisse einer Reise in Thrakien im Herbste 1902

von

Dr. **F. X. Schaffer.**

(Mit 1 Karte.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 11. Februar 1904.)

Es ist nicht meine Absicht gewesen, die Ergebnisse meiner im Auftrage der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften im Herbste 1902 unternommenen Reise nach dem Osten der europäischen Türkei, in das Gebiet der alten Provinz Thrakien, in der Form zu veröffentlichen, in der es jetzt geschehen muß. Ich habe immer daran gedacht, meine Arbeiten im folgenden Jahre fortzusetzen und für dieses Gebiet zu einem gewissen Abschlusse zu bringen. Leider kreuzten die in diesem Jahre ausgebrochenen Unruhen meinen Plan, den ich, da sowohl die Hohe Pforte, wie unsere auswärtige Vertretung in Konstantinopel die Verantwortung ablehnten, fallen lassen mußte. Es ist keine Aussicht vorhanden, mein Arbeitsfeld in nächster Zeit wieder zu betreten, und darum muß ich an die Veröffentlichung meiner Studien schreiten, die meine engbegrenzte Aufgabe übrigens gelöst haben.

Das Gebiet, das das Ziel meiner Reise gewesen ist, wird im Norden von der bulgarischen Grenze, im Westen von dem alten Massiv des Ardatales, im Osten und Süden vom Meer begrenzt. Es ist dies bisher einer der wenig erforschten Flecke auf der europäischen Karte gewesen, deren einige noch im westlichen Teile der Türkei zu finden sind. Nicht nur geologisch, auch geographisch ist hier noch viel Arbeit zu

leisten gewesen, die aber leider zum Teil über den Rahmen meiner eigentlichen Aufgabe hinausgegangen ist. Das Gebiet ist, merkwürdig genug, bisher ziemlich vernachlässigt gewesen. Seine topographische Übersichtsaufnahme ist zur Zeit des russisch - türkischen Krieges von russischen und österreichischen Mappeuren durchgeführt worden. Seitdem haben es wissenschaftliche Forscher nur mehr in seinen leichter zugänglichen Teilen bereist, während andere Landstriche, wie z. B. der Istrandscha Dagh, fast gänzlich unberührt gelassen wurden. Die Gründe dafür sind dem Kenner des Landes sehr einleuchtend. Das Reisen ist beschwerlich, die Wege sind schlecht, die Unterkunft und Verpflegung in den äußerst armen Dörfern nicht besser, und doch geht es hier nicht gut an, im Zelte zu wohnen, was man sonst im Oriente vorzieht. Der Istrandscha Dagh, der große landschaftliche Schönheit, besonders auf der Seeseite, besitzt, ist schwer zugänglich. Vom Westen her hat man einen ermüdenden Ritt durch die thrakische Ebene, und die Meeresküste besitzt keine größeren Orte, die in Dampferverbindung ständen. Zudem ist das Gebiet schon immer als ein Tummelplatz von Räuberbanden bekannt, die meist aus bulgarischen Deserteuren bestehen und bei den stammverwandten Bewohnern der Dörfer Schutz finden. Diese Umstände sind es hauptsächlich, die dem Lande seine Abgeschlossenheit vor der Erforschung bewahrt haben und wohl noch bewahren würden, wenn es nicht plötzlich in den Mittelpunkt des Interesses der Geologen durch die Frage gekommen wäre, auf welchem Wege die Verbindung der Leitlinien Europas mit denen Asiens vor sich gehe.

Während bei der Mehrzahl der Fachgelehrten die Ansicht herrschend war, daß sich die Hochketten Asiens durch den Kaukasus, die Krim und den Balkan in die Europas fortsetzen, war in jüngerer Zeit die Meinung aufgetaucht, daß diese Verbindung vom Balkan über den Bosporus und durch den westpontischen Bogen geschehen könne.

H. Douvillé[1] schrieb: »La masse principale des Balkans, dirigée ouest-est, vient s'arrêter à la mer Noire, exactement

[1] Sur la constitution géologique des environs d'Héraclée (Asie Mineure). Comptes rendus de l'Academie des sciences, Paris, 16. III. 1896.

comme les Alpes orientales à la plaine de Vienne; mais au sud, vers Sliven et Jambol, on voit les couches crétacées s'inflêchir vers le sudest et se prolonger entre la mer Noire et le massif de l'Istrandja, pour aboutir aux couches à Orbitolines d'Iniada, signalées plus haut; dans toute cette région des environs de Bourgas, les couches crétacées sont disloquées par des épanchements de roches éruptives, comme à l'embouchure du Bosphore. Ce rameau établit la continuité entre le Crétacé des Balkans et celui d'Héraclée.

C'est donc sur la rive méridionale de la mer Noire qu'il faut placer le prolongement de la zone balkanique, et par suite de la zone alpine, jalonnée ici, comme dans les Alpes occidentales, par une ligne d'affleurements du terrain houiller; les analogies que nous avons signalées entre le terrain crétacé d'Heraclée et celui des Basses-Pyrénées sont une nouvelle preuve de l'uniformité de constitution de toute cette zone.

La mer Noire ferait ainsi partie de la série de dépressions que l'on observe au nord de la chaîne des Alpes et que l'on peut suivre, par les plaines du Danube, la vallée du Rhône et le bassin de la Garonne, jusqu' au golfe de Biscaye«.

Sueß hat (»Das Antlitz der Erde«, Bd. III, p. 447, Anmerkung 13) erwähnt, daß Toula («Neues Jahrbuch für Mineralogie,« 1898) auch die Ansicht Douvillé's vertrete. An dem bezeichneten Orte findet sich aber keine diesbezügliche Äußerung, und Herr Hofrat Toula hat mir auf meine Anfrage mitgeteilt, daß er selbst von einem diesbezüglichen Ausspruche nichts wisse, daß er aber vielleicht die Möglichkeit einer solchen Gebirgsverbindung in einem Vortrage im »Verein zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse« erwähnt haben dürfte.

Boué (»La turquie d'Europe«, I, p. 101 bis 103) hat sich schon dagegen ausgesprochen, den Istrandscha Dagh für eine Fortsetzung des großen Balkan zu betrachten, und auch Hochstetter hat sich dieser Ansicht angeschlossen, die auch E. Sueß (l. c.) teilt.

Diese Meinungen waren aber bisher noch nicht bewiesen und ein Beweis war nur im Istrandscha Dagh zu liefern, doch der war unbekannt. Schon 1900 hätte ich Herrn Hofrat Toula

auf einer Reise in dieses Gebiet begleiten sollen, aber die türkischen Behörden verweigerten damals die Unterstützung, und die Reise mußte unterbleiben. Im Jahre 1901 hätte ich von der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften aus diese Tour unternehmen sollen, aber ich hatte Gelegenheit, meine Studien im südöstlichen Kleinasien zu Ende zu führen, und so kam ich erst 1902 dazu, meine Absicht zu verwirklichen. Mein Plan war es, das Gebirge in mehreren Profilen zu kreuzen, seinen Bau in seiner ganzen Längserstreckung kennen zu lernen und dann in dem südlich vom Ergene gelegenen Becken einige Routen auszuführen, um die Natur dieses noch sehr unbekannten Landesteiles zu erforschen. Es wäre zwar sehr wünschenswert gewesen, auch die Gegend zwischen Tschataldscha und dem Schwarzen Meere, den Kuru Dagh und einige andere Gebiete zu besuchen, aber dies war der vorgerückten Jahreszeit wegen nicht mehr zu machen, und später vereitelten es mir die Unruhen.

Ende August fuhr ich von Wien nach Konstantinopel, wo ich die notwendigen Besuche bei österreichischen und türkischen Behörden machte und kehrte dann nach Adrianopel zurück. Wenige Tage genügten für die Vorbereitungen, und am 6. September brach ich zu meiner Reise ins Gebirge auf. Über Jenidsche führte mich der Weg zuerst nach Kirk Kilisse, das am Südfuße des Tundscha-Massivs liegt. Von hier ging es über Tirnowo und Tschiknigori nach Iniada. Über Urgas und Pineki kehrte ich wieder an die Westseite des Gebirges zurück, das ich auf dem Wege nach Midia und von dort nach Manika und Tscherkesköi noch zweimal überstieg.

Eine zweite Tour führte mich von Uzun Köprü über Kistambul, Harmanly, Baschaid nach Keschan und von dort nach Ipsala, Feredschik und Dedeagatsch, von wo ich nach Adrianopel zurückkehrte.

Man kann in orographischem Sinne im östlichen Teile der europäischen Türkei drei Einheiten unterscheiden:

1. Das Bergland des Tundscha-Massivs und des Istrandscha Daghs im Norden und Nordosten, in seinem westlichen Teile von den Einwohnern Balkan genannt, obgleich es weder tektonisch noch orographisch mit dem hohen Balkan etwas zu tun hat;

2. das Maritza- und Ergene-Becken (das thrakische Becken) und

3. das Bergland südlich vom Ergene bis an das Meer, das ich nach dem in der Mitte gelegenen größten Orte das Bergland von Keschan nenne.

Das Bergland des Nordens besitzt im Westen Gebirgscharakter, im Osten den eines Karstplateaus und gliedert sich in zwei Teile: die alte Masse der Tundscha im Westen mit Erhebungen von über 1000 *m* und den Istrandscha Dagh im Osten, der nur eine höchste Erhebung von etwa 500 *m* besitzt und größtenteils von alttertiärem Kalkstein gebildet wird. Dies ist die nördliche Umrandung des thrakischen Beckens.

Die westliche Begrenzung bildet die Ardamasse, die 1200 bis 1300 *m* Höhe erreicht und sich von der Maritza bis an das Meer erstreckt. Im Süden zeigen einige Reste alter Gebirge deren Fortsetzung nach Südosten an, geradeso wie vom Tundscha-Massiv einige kristallinische Inseln, die aus den jungen Sedimenten auftauchen, in südöstlicher Richtung nach Kleinasien hinüberweisen. In diese Bucht ist das Eocänmeer eingedrungen. Seine Sedimente liegen ringsum am Rande und bilden, auf altem kristallischen Gestein aufgelagert, die Höhen, die das Becken später im Osten und Süden abgeschlossen haben. Soweit jetzt unsere Kenntnis fortgeschritten ist, scheint eine offene Verbindung nur nach Südosten bestanden zu haben, durch die der oligocäne Binnensee seine Fortsetzung nach dem Marmarameer gefunden hat. Das marine Miocän und die sarmatische Stufe fehlen bisher im Innern. Aus geringen Denudationsresten an den Rändern des Beckens ist auf dessen Bedeckung mit Ablagerungen eines Binnensees in jungmiocäner oder altpliocäner Zeit zu schließen, auf die Hochstetter seine pontische Stufe begründet hat. Diese Sedimente sind durch eine weitgehende fluviatile Erosion größtenteils entfernt worden, die den heutigen orographischen Gegensatz zwischen dem südlich und dem nördlich vom Ergene gelegenen Teil des Beckens bedingt hat und die heute noch andauert.

Das alluviale Bett der Maritza, das beim Eintritt des Flusses in die Türkei nur geringe Breite besitzt, erweitert sich bei Adrianopel bedeutend und vereinigt sich mit den Tälern

der Arda und Tundscha. Unterhalb der Stadt bildet es ein bis 10 *km* breites Becken, daß sich bei Kuleli Burgas verengt. Gegen Dimotika verbreitet es sich wieder und besitzt bei Ipsala eine Breite von zirka 16 *km*. Wie im Becken von Adrianopel ist es auch hier zu Sumpfbildung geneigt. Der letzte Teil des Unterlaufes des Flusses ist von Seen und Sümpfen begleitet. Das alluviale Schwemmland des Ergene dehnt sich unterhalb Lule Burgas aus. Ich habe die hydrographischen Verhältnisse dieses Gebietes an anderer Stelle ausführlich besprochen und kann jetzt darauf hinweisen. (»Entwaldung und Entwässerung des Ergene-Beckens in der europäischen Türkei», Mitteilung. der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien, 1903, Heft 3 und 4.)

Hochstetter hat die ausgedehnten Schottermassen, die das Becken von Thrakien besonders in dem nördlichen Teile bedecken, als thrakische Stufe ausgeschieden. Ich glaube, daß dies kein besonders glücklicher Griff war, da diese wohl das ganze Diluvium und mindestens das obere Pliocän umfassen, wie ich sie auch auf meiner Karte bezeichnet habe. Die äußere Ähnlichkeit mit den Quarzschottern der Umgebung von Wien hat Hochstetter schon erkannt, doch darf man darauf wohl kaum eine Altersgleichstellung fußen lassen, wie er es getan hat. Es ist das Abtragungsprodukt der Gebirge des Nordens, das großenteils wohl zu wiederholten Malen umgeschwemmt worden ist, wie es auch bei den ähnlichen Schottern des Alpenvorlandes der Fall ist.

Seit der Austrocknung des pontischen Seenbeckens hat eine starke Abtragung der Gebirgsumrandung stattgefunden, wie die gewaltige Menge von Schotter zeigt. Daß dieser Prozeß nicht auch schon vorher in größerem Maße vor sich gegangen ist, zeigt der Mangel von grobkörnigen Sedimenten in den älteren Schichten.

Bei Harmanli in Bulgarien beginnen diese Schotter und nehmen in der Gegend von Adrianopel sehr an Verbreitung zu und folgen, das weite thrakische Becken füllend, dem Gebirgsrande bis Tatarköi und wohl weiter bis an die Wasserscheide bei Sinekli. Im Westen reichen sie so ziemlich bis an die Maritza, die den Ostrand des Arda-Massivs bespült, und im

Süden dringen sie in das Bergland von Keschan ein, wo sie aber nur eine geringe Mächtigkeit besitzen, so daß der Untergrund allenthalben zutage tritt. Die geringere Höhe des nördlichen Teiles des Beckens von Adrianopel ist meiner Ansicht nach auf tiefgehende Erosion der leicht zerstörbaren oligocänen Mergel zurückzuführen. Die Orte Tschorlu, Airobol, Tschepköi und Ipsala dürften die Südgrenze dieser Schotter, die eine leichtgegliederte Hügellandschaft bilden, bezeichnen. Ich habe an den Rändern des Gebietes wiederholt bemerkt, daß sie nur bis etwa 180 *m* Höhe reichen, und ich habe deshalb die Ostgrenze auch von diesem Gesichtspunkte aus bestimmt. Eine allgemein auftretende Erscheinung ist die Zunahme der Größe der Rollstücke von Süden nach Norden gegen das Gebirge zu. Während auf den Hügeln bei Adrianopel und längs des Ergenetals Rieselschotter und Sand vorherrscht, wird das Material gegen das Gebirge zu gröber, so daß also wohl kein Zweifel darüber bestehen kann, woher es gekommen ist. Die Mächtigkeit der meist eine deutliche Bankung verratenden Schottermassen ist verschieden. Bei Adrianopel beträgt sie einige Meter, gegen das Gebirge zu habe ich sie aber an mehreren Stellen bis zu 20 *m* gemessen. In der Nähe der Maritza sind die Schotter in Terrassen gelagert. Ihr Material ist vorherrschend lichter, äußerlich durch Oxydation rötlich gefärbter Quarzit, dann verschiedenes Urgestein, Granit, Gneis, Diorit, wie sie im Gebiete vorkommen. Ich habe in diesen Ablagerungen keine Spur organischer Reste gefunden. Lößbildungen scheinen dem Gebiete zu fehlen. Wenigstens habe ich sie hier nirgends getroffen. Dies ist aber sehr begreiflich in einer Gegend, die so von den fluviatilen Wässern beherrscht wird, und wo die Niederschlagsverhältnisse der Erhaltung so leicht zerstörbarer Gebilde sehr ungünstig sind.

Für gleichaltrig mit diesen Schottern und Sanden halte ich die Sande, die zwischen Adrianopel und Mustafa Pascha den Südrand des Maritzatales begleiten. Es sind feine, lockere, glimmerreiche, gelbliche Quarzsande, die besonders bei *km* 33 der Bahnlinie in einer Materialgrube etwa 15 *m* hoch aufgeschlossen sind und neben zahlreichen verkieselten Holzstücken Säugetierreste enthalten. Aus ihnen stammen ein Unterkieferast

von Rhinozeros, Schenkelknochen und ein Wirbel von Elephas und ein schlechterhaltener, geweihähnlicher Rest, der Ähnlichkeit mit dem Kopfschmucke eines Riesenhirsches besitzt, nur daß er viel kräftiger und gewichtiger ist. Ein großer Alveolraum am Zentralende und die Verflachung und Verbreitung der Schaufel gegen außen zeigen Ähnlichkeit mit dem Geweih eines Sivatherinen. Da die Meinungen darüber getrennt waren und das Stück vielleicht einige wichtige Schlüsse zu ziehen gestatten konnte, hat Herr Dr. Abel, der diese Ähnlichkeit zuerst erkannt hat, die Reste zur Bestimmung übernommen. Er teilt mir darüber mit, daß das Stück wirklich von Sivatherium giganteum herrührt, was von umso größerer Bedeutung ist, da dies der erste derartige Fund in Europa ist. Dr. Abel wird ihm sicher eine längere Besprechung widmen, so daß ich hier also ganz kurz darauf hinweisen kann.

Das jüngste Glied nicht fluviatiler Ablagerungen im Becken von Adrianopel bildet ein Congerienkalk und -mergel, den ich selbst nur an einem Punkte anstehend kennen gelernt habe. Hochstetter führt ihn von Jena und Taschli-Müselim am Südrande des Gebirges, an der rechten Talseite der Maritza von der Ardamündung bis Mustafa-Pascha, aus der Gegend von Dimotika, von Maltepe, Malgara und Keschan, und von Sufli und Ferre an. Bei Tschirmen, östlich von Mustafa-Pascha, habe ich ihn selbst getroffen, und von Werksteinen, die von Kuleli Burgas stammten, habe ich mir in Adrianopel Handstücke verschafft. Bei Maltepe und Keschan habe ich ihn nicht gefunden und nur die Cyrenenmergel gesehen, die ja eine so große Verbreitung in dem Becken besitzen. Das auf die Ränder beschränkte Vorkommen dieser Congerienkalke zeigt, daß wir es hier nur mit geringen Denudationsresten einer vermutlich einst weit ausgebreiteten Formation zu tun haben.

Meine Stücke stammen von einem schmutziggelben, ziemlich reinen Kalkstein, der fast ausschließlich aus Steinkernen einer kleinen *Congeria* besteht. Daneben sind undeutliche Abdrücke kleiner Cardien zu bemerken. Die Steinkerne erreichen selten 20 *mm* Länge. Meist besitzen sie nur eine Länge von 10 bis 12 *mm*, und ihre Breite ist dann 6 *mm*. Sie sind ziemlich stark gewölbt und gleichen in ihren Um-

rissen der Gruppe der Modioliformen von Andrussow, doch wäre es gewagt, eine spezifische Bestimmung zu versuchen. Die größte Ähnlichkeit besitzen sie mit *Congeria Brardy* Br. Ich könnte mich über das Alter dieser Schichten nicht mit Sicherheit äußern. Hochstetter läßt auf ihnen seine pontische Stufe fußen. Ich muß mich ohne eigene Meinung hierin seiner Autorität anschließen.

Sarmatische Bildungen fehlen bisher im Innern des Beckens und sind nur an der Küste des Marmarameeres entwickelt. Ebenso ist das marine Miocän unbekannt.

Das wichtigste Glied der Beckenausfüllung sind Mergel und sandige Kalke mit Cyrenen, die sich vom Gebirge des Nordens bis Keschan und ostwärts bis an das Meer bei Rodosto und Erekli ziehen. Sie bilden den Untergrund des thrakischen Beckens im Norden und das Bergland im Süden. Es sind besonders im Norden und in den tieferen Partien im Süden fette, leicht zerstörbare, graue Mergel, in denen sich zahlreiche Bruchstücke kleiner Bivalven finden. Es ist sehr schwer, diese Mergel zu schlemmen, da sich das fette Material nicht löst. Im Berglande, südlich vom Ergene, werden sie von Sandsteinen und sandigen Kalken überlagert, die wohl gebankt sind und besonders auf den Schichtflächen zahlreiche Exemplare von Cyrenen führen. Während in den mergeligen und kalkigen Partien die Schalen aufgelöst und meist gute Skulptursteinkerne erhalten sind, besitzen die im Sandstein eingebetteten Exemplare noch ihre Schalen. Ihre Mehrzahl gehört der *Cyrena semistriata* Desh. an oder steht ihr nahe. Ich habe keine anderen makroskopischen fossilen Reste in diesen Schichten gefunden. Über die Mächtigkeit dieser Mergel sind wir noch nicht unterrichtet. Wohl hat man mir in Keschan erzählt, daß man darin 100 *m* tief auf Kohlen gebohrt hätte, aber ich glaube, daß diese Angabe nicht verläßlich ist. Eine besondere Bedeutung besitzt das Schichtglied durch die eingelagerten Flötze von Braunkohlen, die infolge ihrer weiten Verbreitung trotz ihrer meist geringen Mächtigkeit einen hervorragenden Wert für das an Brennmaterial arme Land haben oder vielmehr einmal haben werden. In der Gegend nördlich von Adrianopel soll man Kohlenspuren gefunden haben, und

ich glaube die blätterigen Sandsteine und Sande mit kuchenartigen Konkretionen, die die Hügel von Adrianopel gegen das alte Serail bilden, dieser Formation zurechnen zu müssen. Ihr eigentliches Verbreitungsgebiet ist aber der Süden, der ganz aus ihr aufgebaut ist. Nur geringe oberflächliche Bildungen von Schottern und Sanden bedecken sie. Aus der Gegend von Ipsala über Keschan, Malgara bis in die Gegend von Rodosto und Erekli und im Norden bis Tschepköi und vermutlich bis Airobol und Tschorlu reicht ihre Verbreitung. Das Hügelland besitzt eine größte Höhe von 350 *m*. Es ist durch zahlreiche Täler reich gegliedert, fruchtbar und großenteils gut bebaut. Koniferenwälder fehlen gänzlich. Laubwald tritt in kleinen niederen Beständen auf. In geringer Tiefe unter der Oberfläche — sie beträgt in vielen Fällen nur etwa 10 *m* — trifft man fast in jedem Wasserrisse aufgeschlossen meist $^1/_2$ bis 1 *m*, selten bis 2 *m* mächtige Flölze von Braunkohle. Die Lagerung ist meist wenig gestört, nur an einigen Punkten, z. B. bei Kistambul fallen die Schichten steil ein und zwischen Baschaid und Keschan bilden sie eine flache Mulde. Die Kohlen besitzen die Güte der nordböhmischen Braunkohle und werden in Adrianopel in Öfen gebrannt. Man hat auch Versuche mit Lokomotivfeuerung gemacht, die besonders bei einer Mischung von Kistambulkohle und Kardiff trefflich geglückt sind. Freilich ist der Heizwert der Kohlen sehr verschieden. Die geschätztesten sind die von Kistambul und Keschan, mindere Sorten liefern Tschauschlu und Harmanly, Von einem rationellen Abbau ist noch nirgends die Rede. In Kistambul wird auf eine wenig bergtechnische Art in einem kaum versicherten Stollen die Kohle aus dem stets knisternden und krachenden Flötze gewonnen. An den anderen Plätzen sind erst Versuchsschürfungen gemacht worden. Nur in Keschan, wo das Flötz unter den Schottern der Talebene liegt, hat eine englische Gesellschaft alle Förderungsanlagen in entsprechender Weise hergestellt, einen Schacht abgeteuft und eine Anzahl Beamte angestellt, die aber seit Jahren nichts zu tun haben, da ihr der kaiserliche Ferman, der die Ausbeutung der Gruben gestatten sollte, verweigert wird. Sie beabsichtigt, die Kohle nach Gallipoli zu schaffen und von dort nach

Konstantinopel zu verfrachten. Sind auch bis jetzt die Aussichten nicht sehr hoffnungsfreudig, so ist doch die Bedeutung dieses Vorkommens vom volkswirtschaftlichen Standpunkte nicht zu unterschätzen, da die Ausbeutung leicht sein dürfte. Nach Schätzungen, die mir von einigen Punkten gegeben worden sind — eine darunter Keschan mit 50 Millionen Tonnen — schätze ich die Gesamtmenge der Kohlen auf über 100 Millionen Tonnen. Freilich sind die Angaben zum Teil wenig verläßlich und es ist ein großer Prozentsatz minderwertigen Materials zu berücksichtigen.

Der gleichen Stufe sollen die Kohlenvorkommnisse angehören, die an verschiedenen Punkten in Bulgarien auftreten, aber nicht die gleiche Güte und weite Verbreitung besitzen.

Im Westen, Norden, Nordosten und Süden ist das Becken von eocänen Bildungen umsäumt, die an das alte Gebirge angelagert sind. Die Vorkommnisse westlich von der Maritza an der Ardamasse und im Süden am Kuru und Tekir Dagh habe ich nicht kennen gelernt. Ein Streifen eocäner Kalke begleitet den Südrand des Tundscha Massivs von der bulgarischen Grenze bei Hebitschewo über Kirk Kilisse nach Osten. Vor Wisa verbreitert er sich und die Kalke reichen über den Istrandscha Dagh bis an die Küste. Auch hier liegt wie im Westen das Eocän direkt auf kristallinischem Gebirge, das in einzelnen Inseln daraus emportaucht. Im Westen liegt es z. B. bei Kirk Kilisse in 250 *m*, bei Urgas (Sofires) in 180 *m*, bei Pinek in 280 *m*, und auf der Göztepe bei Wisa und weiter im Südosten erreicht es Höhen von mehr als 400 *m*. Seine Verbreitung in der Gegend von Tschataltscha habe ich nach Tschihatscheff's Karte gezeichnet, da ich selbst diese Landstriche nicht besucht habe.

Der Kalkstein besitzt im Aussehen die größte Ähnlichkeit mit manchen Leithakalken des Wiener Beckens, ist schmutzigweiß, bisweilen gelblich und besteht aus Nulliporen, Korallen, Muschelsteinkernen oder Nummuliten. Oft fehlt jede organische Struktur fast vollständig, An anderen Punkten ist er sandig. Bei Kirk Kilisse, wo er an mehreren Punkten in der Stadt aufgeschlossen liegt und die Hügel bildet, die das

abwechslungsreiche Relief des Ortes bedingen, herrscht Muschelkalkstein vor. Von hier stammen folgende Fossilreste, die wegen der Auflösung der Schalen und sonstigen schlechten Erhaltung meist nicht spezifisch zu bestimmen waren. Zum Teil habe ich sie nach einer Sammlung des Herrn Kokinos, des Schwiegersohnes des österreichischen Konsularagenten Herrn Massaraki, bestimmt.

Nummulites Ramondi Defr.
Trochocyathus
Pecten (ähnlich *P. elegans*).
Lima sp.
Spondylus (ähnlich *Sp. bifrons* Münst.).
Ostrea rarilamella.
Ostrea spec. div.
Arca sp.
Pectunculus sp.
Cytherea sp.
Lucina sp.
Panopaea (ähnlich *P. Menardi*).
Trochus (groß),
Xenophora sp.
Natica (große und kleine Formen).
Turritella sp.
Vermetus sp.
Cerithium (30 *cm* lange Exemplare).
Strombus sp.
Cypraea sp.
Terebra (groß).
Conus spec. div.
Nautilus.

Außerdem Reste von Brachyuren, Zähne von Carcharias und ein Geweihrest eines Cerviden.

Bei Wisa sind Nummulitenkalke besonders mit *Numm. Ramondi* Defr. und *rotularius* Desh. vorherrschend, bei Urgas sind Anthozoen häufig, obgleich manche Bänke ganz

von *Nummulites elegans* Sow, und *N. rotularius* Desh. erfüllt sind. Von sonstigen Fossilien stammen von hier:

Heliastraea aff. *Boueana* Rss.
Trochocyathus und zahlreiche andere Anthozoen.
Natica sp. (groß).
Ostrea rarilamella Desh.
Cardium sp.
Panopaea sp.

Ich glaube, daß der marine Kalkstein, den Tschihatscheff südlich vom Derkossee anführt und auf Grund der nicht näher bestimmten Korallen für miocän erklärt, auch alttertiär ist, welche Ansicht schon Hochstetter besessen haben dürfte, der diese Region dem Eocän zuzählte.

Wie weit dieses Kalkgebirge, das von der Eisenbahn zwischen Sinekli und Kütschük-Tschekmedschi gekreuzt wird, nach Südwesten reicht, ist unbestimmt. Die Lagerung dieser Schichtglieder ist fast durchwegs ungestört. Ich habe keine als Faltung zu deutenden Störungen beobachtet. Die Oberfläche, die von engen, tiefen Tälern durchschnitten wird, zeigt typischen Karstcharakter. Das Land ist von Buschwerk, hauptsächlich von Eichen bedeckt, höhere Baumbestände finden sich nur weiter im Norden und im Innern. Gegen das Meer und die Ebene fällt das Gebirge steil ab.

Das Mesozoikum ist in meinem Arbeitsgebiete nur durch graue Orbitulinensandsteine vertreten, die ich am Kap Iniada, wo sie in südöstlicher Richtung gegen das Meer ausstreichen, kennen gelernt habe. Sie fallen steil zirka 50° nach Osten ein. Ihre teilweise rötliche Farbe scheint auf Kontaktwirkung mit den benachbarten Andesiten zurückzuführen zu sein. Das äußerst feste Gestein ist erfüllt von Orbitulinen, die der *O. concava* Lam. und *plana* angehören. Freilich ist die Erhaltungsweise recht wenig günstig. Die Schichtstörungen glaube ich nicht auf Faltung, sondern bloß auf Absinken zurückführen zu müssen, das wohl mit dem Emporquellen der großen Massen vulkanischen Magmas im Zusammenhange steht, die die Schwarze Meer-Küste begleiten.

Die Zone von Neokom, die Hochstetter westlich von der der Orbitulinensandsteine anführt, lag außerhalb meines Reiseweges.

Das Palaeozoikum fehlt bis jetzt in Thrakien völlig und tritt erst am Bosporus auf, wo es von Tschihatscheff zuerst genauer studiert wurde.

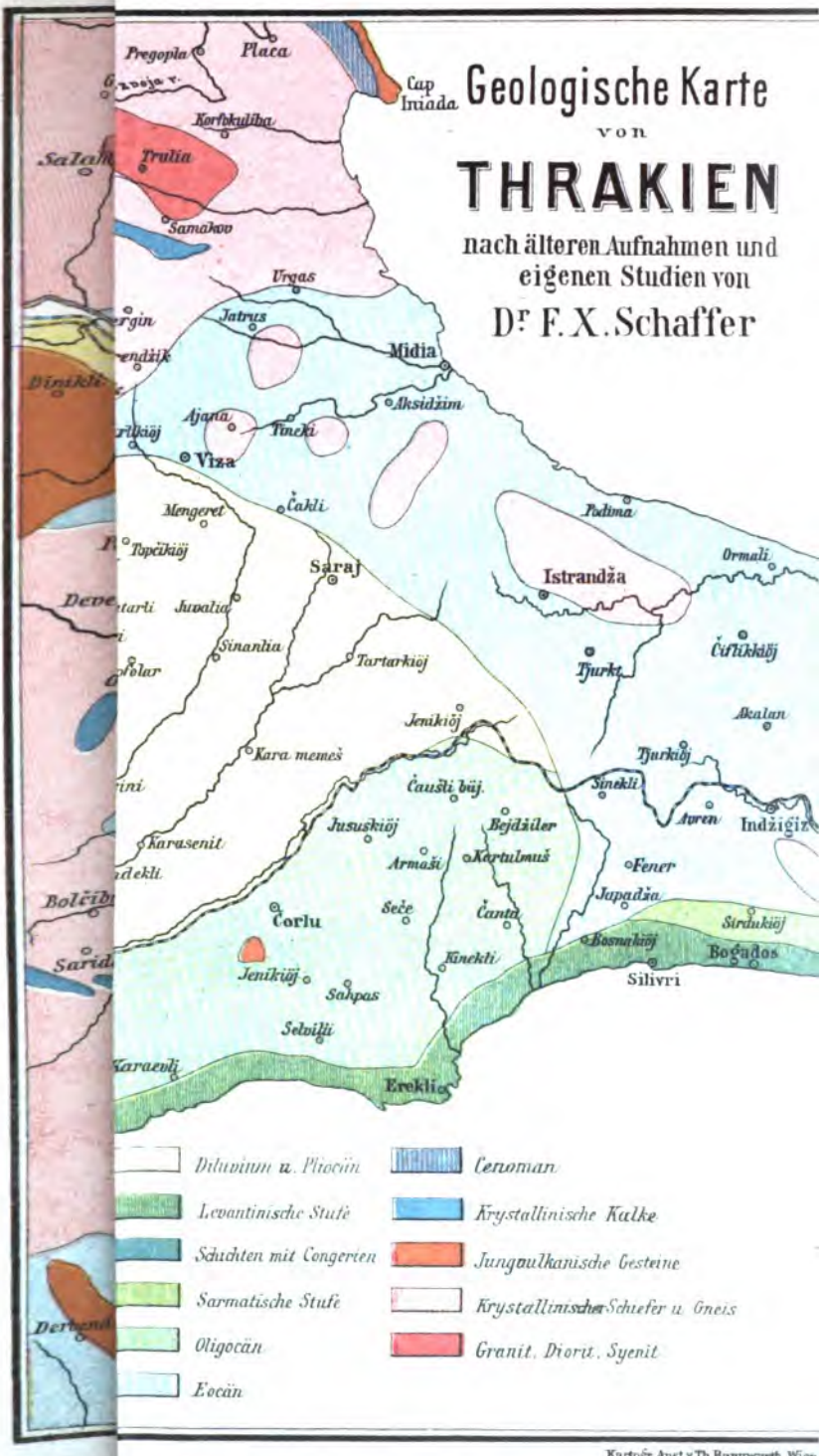
Den Kern der drei Gebirgsmassen, die das Becken begrenzen, bilden kristallinische Schiefer und Gneise, in die granitische und dioritische Stöcke von zum Teil beträchtlicher Ausdehnung und Züge von kristallinischen Kalken eingelagert sind. Das Bedeutendste dieser alten Massive ist das der Tundscha, das sich gegen Osten bis an das Meer ausdehnt. Der Name des Istrandscha Dagh ist nur für den südöstlichen Teil des Gebirges zu verwenden, wie es auf den meisten Karten üblich ist. Darnach besteht dieses aus einzelnen Inseln kristallinischen Gesteins, besonders Schiefer, die aus der Decke von Alttertiär emporragen.

Bei Kirk Kilisse bildet eine schmale Zone von grauweißem zweiglimmerigem Gneis das Liegende des Tertiärs.

Man trifft dann gleich einen rosafarbenen, grobkörnigen Zweiglimmergranit, der die pittoresken Hügel und Blöcke hinter der Stadt zusammensetzt. Er scheint einem größeren Stocke anzugehören und sich bis Dereköi auszubreiten, wo kristallinischer Kalk in mehreren Zügen in Muskovitgneis auftritt. Granitische Stöcke finden sich in dem Gebiete des Tundschamassivs oft in größerer Ausdehnung. Daneben trifft man Dioritstöcke, wie den von Samakov-Tschiknigori, der aus einem lichten Hornblendequarzdiorit besteht.

Jungvulkanische Gesteine treten im Becken von Adrianopel im Südwesten auf, wo sie zum Teile mit noch heute wirkenden thermalen Erscheinungen (Arsentherme von Ilidscha) in Verbindung stehen. Es scheinen durchwegs Andesite zu sein. Herr Dr. Wachter, dem ich die Untersuchung der von mir aus diesem Gebiete mitgebrachten Gesteine verdanke, hat von Ipsala Augithypersthenandesit und Augitandesit bestimmt. Die Andesite von Kap Iniada habe ich schon früher erwähnt.

Die Ergebnisse meiner Reise, die als Lösung der von mir verfolgten Aufgabe gelten können, lassen es als sicher erscheinen, daß der Istrandscha Dagh ein altes Gebirge ist, über das das Alttertiär transgrediert. Faltungen sind in tertiärer Zeit nicht mehr erfolgt, und die Kreide ist nur durch Absinken gestört. Es ist also eine Fortsetzung der Leitlinien des Balkan nach Südosten nicht anzunehmen, und wir haben den Istrandscha Dagh lediglich als einen Teil der Rhodopemasse anzusehen, der nach dem kleinasiatischen Festlande hinüberweist.



Kartogr. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Digitized by Google

Senft Em., Über den mikrochemischen Zuckernachweis durch essigsaures Phenylhydrazin.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3—27.

Mikrochemischer Zuckernachweis durch essigsaures Phenylhydrazin.
Senft Em., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II b. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3—27.

Zuckernachweis, mikrochemischer, durch essigsaures Phenylhydrazin.
Senft Em., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II b. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3—27.

Essigsaures Phenylhydrazin als Reagens zum mikrochemischen Zuckernachweise.
Senft Em., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II b. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3—27.

Phenylhydrazin, essigsaures, als Reagens zum mikrochemischen Zuckernachweise.
Senft Em.., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II b. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3—27.

Siebenrock F., Über partielle Hemmungs-Erscheinungen bei der Bildung einer Rückenschale von *Testudo tornieri* Siebenr.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 29—34.

Testudo tornieri Siebenr. Partielle Hemmungs-Erscheinungen bei der Bildung einer Rückenschale.
Siebenrock F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 29—34.

Hemmungs-Erscheinungen, partielle, bei der Bildung einer Rückenschale von *Testudo tornieri* Siebenr.
Siebenrock F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 29—34.

Senft Em., Über den mikrochemischen Zuckernachweis durch essigsaures Phenylhydrazin.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3–27.

Mikrochemischer Zuckernachweis durch essigsaures Phenylhydrazin.
Senft Em., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3–27.

Zuckernachweis, mikrochemischer [illegible] Phenylhydrazin.
Senft Em., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3–27.

Essigsaures Phenylhydrazin [illegible] weise.
Senft Em., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3–27.

Phenylhydrazin, essigsaures, als Reagens zum mikrochemischen Zuckernachweise.
Senft Em., Sitz. Ber. der Wiener Akad., II. Abt., Bd. 113 (1904), p. 3–27.

Siebenrock F., Über partielle Hemmungs-Erscheinungen bei der Bildung einer Rückenschale von *Testudo torniri* Siebenr.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 29–34.

Testudo torniri Siebenr., Partielle Hemmungs-Erscheinungen bei der Bildung einer Rückenschale.
Siebenrock F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 29–34.

Hemmungs-Erscheinungen, partielle, bei der Bildung einer Rückenschale von *Testudo torniri* Siebenr.
Siebenrock F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 29–34.

Linsbauer K., Untersuchungen über die Lichtlage der Laubblätter. I. Orientierende Versuche über das Zustandekommen der Lichtlage monokotyler Blätter.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Lichtlage der Laubblätter. I. Orientierende Versuche über das Zustandekommen der Lichtlage monokotyler Blätter.
Linsbauer K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Blätter, fixe Lichtlage derselben bei monokotylen Pflanzen.
Linsbauer K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Monokotyledonen, fixe Lichtlage der Blätter.
Linsbauer K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Brezina A. und Cohen E., Über Meteoreisen von De Sotoville.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Cohen E. und Brezina A., Über Meteoreisen von De Sotoville.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Meteoreisen von De Sotoville.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt. Bd. 113 (1904), p. 89—103.

De Sotoville, Über Meteoreisen von dort.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Umwandlung von Hexaedriten durch Erhitzung und Pressung in Ataxite.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Linsbauer K., Untersuchungen über die Lichtlage der Laubblätter. I. Orientierende Versuche über das Zustandekommen der Lichtlage monokotyler Blätter.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Lichtlage der Laubblätter. I. Orientierende Versuche über das Zustandekommen der Lichtlage monokotyler Blätter.
Linsbauer K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Blätter, ihre Lichtlage derselben bei monokotylen Pflanzen.
Linsbauer K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Monokotyledonen, ihre Lichtlage der Blätter.
Linsbauer K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 35—88.

Brezina A. und Cohen E., Über Meteoreisen von De Sotoville.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Cohen E. und Brezina A., Über Meteoreisen von De Sotoville.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Meteoreisen von De Sotoville.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

De Sotoville, Über Meteoreisen von dort.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Umwandlung von Hexaedriten durch Erhitzung und Pressung in Ataxite
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1901), p. 89—103.

Hexaedrite, Umwandlung derselben in Ataxite durch Erhitzung und Pressung.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Ataxite, Entstehung derselben aus Hexaedriten durch Erhitzung und Pressung.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Schaffer F. X., Die geologischen Ergebnisse einer Reise in Thrakien im Herbste 1902.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 104—118.

Thrakien, Die geologischen Ergebnisse einer Reise in — im Herbste 1902.
Schaffer F. X., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 104—118.

Hexaedrite, Umwandlung derselben in Magnesite durch Erhitzen unter Pressung.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Magnesite, Entstehung derselben aus Hexaedriten durch Erhitzung und Pressung.
Brezina A. und Cohen E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 89—103.

Schaffer F. X., Die geologischen Begehungen einer Reise in Thrakien im Herbste 1902.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 101—118.

Thrakien, Die geologischen Begehungen einer Reise in — im Herbste 1902.
Schaffer F. X., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 104—118.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. III. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN

Spektralanalytische Untersuchungen über die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze

von

P. Hugo Greilach,

Kapitular des Benediktinerstiftes St. Paul in Kärnten.

(Mit 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. März 1904.)

A. Einleitung und Historisches.

Eine der wichtigsten Fragen auf dem Gebiete der Pflanzenphysiologie, welche vom Beginne derselben als Wissenschaft bis auf den heutigen Tag nicht nur Botaniker, sondern auch hervorragende Physiker und Chemiker beschäftigte und welche trotz der eingehendsten theoretischen und experimentellen Untersuchungen noch immer als ungelöst betrachtet werden muß, bildet die sogenannte Chlorophyllfrage. Warum die überaus zahlreichen Resultate wissenschaftlicher Forschung auf dem genannten Gebiete noch zu keinem befriedigenden Abschluß gelangen konnten und auch in absehbarer Zeit nicht gelangen werden, hat darin seinen Grund, daß es sich hier wieder um eine Aufgabe handelt, komplizierte Lebensvorgänge durch exakte physikalische und chemische Methoden zu untersuchen und zu erklären, eine nach den heute zur Verfügung stehenden Mitteln äußerst schwierige, oft sehr undankbare Arbeit. So ist z. B. bekannt,[1] daß zwischen optischer Absorption

[1] Pfeffer, Stoffwechsel. 1897.

und Assimilation ein bestimmtes Verhältnis, wenn auch durch noch so plausible theoretische Gründe gleichsam gefordert, sich nicht genau nachweisen läßt. Zu welch voreiligen Schlüssen ist gerade Lommel[1] auf diesem Gebiete gelangt.

Am wenigsten aber findet sich in der Literatur die Frage aufgeworfen, wie Chlorophyll entsteht, was die eigentliche Wirkung des Lichtes beim Aufsprießen des ergrünenden, angiospermen Keimlings sei, wie diese chemisch sowohl als auch physikalisch in der jungen Pflanze bei der Entstehung des Chlorophylls sich manifestiere.

Die Schwierigkeit in der Lösung speziell dieser Aufgabe tritt dem Experimentierenden sofort klar vor Augen: Man müßte das einzelne Chlorophyllkorn nicht nur chemisch, sondern auch mechanisch behandeln respektive zerlegen können, um vollständig über Entstehen und Vergehen des Farbstoffes Rechenschaft abzugeben im stande zu sein.

Wenn nun im folgenden über die Entstehung des Chlorophylls einige Daten erbracht werden sollen, so handelt es sich hiebei vor allem um zwei Punkte, erstens die Intensität des zu diesem Prozeß erforderlichen Lichtes zu bestimmen, zweitens das Quantum des neugebildeten Farbstoffes nach Tunlichkeit zu messen, d. h. einen Zusammenhang zwischen der Lichtintensität und den Schwingungsamplituden der Ionengruppen im Chlorophyllmolekül zu eruieren.

Der Erste, welcher (allerdings nur schätzungsweise) das Minimum der Lichtintensität bestimmte, bei der Chlorophyll noch gebildet werden kann, war Sachs, der in seinem »Lehrbuche der Botanik«[2] den Satz aufstellte, daß das Ergrünen monocotyler und dicotyler Pflanzen bei einer Helligkeit beginne, welche dem Auge das Lesen eines Buches eben zur Not noch gestattet.

Eingehende spektralanalytische Untersuchungen über diesen Punkt wurden jedoch erst von Wiesner[3] angestellt.

---

[1] Ann. der Chemie und Phys. 1871.

[2] Leipzig, 1873.

[3] »Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze«. Eine physiologische Untersuchung. Wien, 1877.

Bezüglich der Qualität des zur Chlorophyllbildung nötigen Lichtes fand Wiesner einerseits, daß sehr langwellige Strahlen des Spektrums (Ultrarot) kein Ergrünen hervorrufen, dieselben jedoch als »rayons continuateurs« im Bequerel'schen Sinne wirken können, andrerseits, daß sehr kurzwellige Strahlen an der Chlorophyllbildung Anteil nehmen, wenn letzerer auch kein bedeutender genannt werden kann. Auf die Intensität der Beleuchtung Bezug nehmend, fand der genannte Forscher, daß bei angiospermen Pflanzen die chlorophyllerzeugende Kraft des Lichtes bei einem und demselben Minimum der Intensität erlischt, die Geschwindigkeit der Chlorophyllbildung aber bei konstanten äußeren Bedingungen bei verschiedenen Pflanzen eine verschiedene sei, ein Umstand, der nicht in einer variablen Konstitution des fertig gebildeten grünen Farbstoffes selbst, sondern in der individuellen Wechselbeziehung zwischen Plasma und Farbstoff in den Geweben seinen Grund hat. (Bei den Versuchen Wiesner's wurden die auf die Pflanzen wirkenden Lichtintensitäten durch verschiedene lichtdurchlässige Schirme variiert, während die Helligkeit der Flamme stets dieselbe war: 6·5 Walratkerzen.) Die Entstehung des grünen Farbstoffes wurde hiebei stets durch das erste Auftreten des Absorptionsstreifens $\lambda = 680-640\ \mu\mu$ konstatiert. Die Frage über das Quantum des neugebildeten Farbstoffes wurde mit der über den genetischen Zusammenhang zwischen Chlorophyll und dem (Kraus'schen) Xanthophyll in Verbindung gebracht; auf welche Art und Weise soll später auseinandergesetzt werden.

Mit welcher Geschwindigkeit das Ergrünen bei intermittierender Beleuchtung vor sich geht, haben auf Wiesner's Anregung Mikosch und Stöhr gezeigt[1] und gefunden, daß eine geringere Gesamtdauer derselben zur Chlorophyllbildung erforderlich ist als bei kontinuierlicher Beleuchtung, was eine Bestätigung der von Wiesner[2] zuerst nachgewiesenen

[1] Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes bei intermittierender Beleuchtung. Diese Sitzungsber., Jahrg. 1880

[2] Wiesner, l. c.

Erscheinung bildet, daß nämlich das Ergrünen als auf photochemische Induktion beruhend aufzufassen sei.[1]

Weitere wichtigere Arbeiten sind in dieser Hinsicht nur wenige zu erwähnen. Reinke[2] wies auf Grund ebenfalls spektroskopischer Untersuchungen nach, daß alle leuchtenden Strahlen des Sonnenspektrums zwischen den Linien *A* und *H* etiolierte Keimlinge zum Ergrünen bringen. Die Strahlen zwischen *B* und *D* erweisen sich als die wirksamsten, das Maximum ist zu beiden Seiten von *C* zu suchen. Die ultraroten und ultravioletten Strahlen vermögen kein Ergrünen hervorzurufen. Wichtig für das Folgende ist Reinke's Behauptung, daß die Kurve der Wirksamkeit der Strahlen beim Ergrünen mit der Absorptionskurve des Etiolin (letzteres im Pringsheim'schen Sinn aufzufassen) nicht zusammenfalle.

Eine weitere Abhandlung über diesen Gegenstand findet man bei Monteverde,[3] nach welchem das Protochlorophyll (nichts anderes als Pringsheim's Etiolin) seinem spektroskopischen Verhalten nach zum eigentlichen Chlorophyll merkwürdige Beziehungen aufweist, ein Umstand, der in den folgenden Auseinandersetzungen als grundlegend auch für quantitative Chlorophyllbestimmungen gelten soll (die diesbezügliche Schrift Monteverde's war dem Verfasser jedoch erst in die Hand gekommen, nachdem letzterer bereits über diesen Gegenstand zahlreichere und genauere Untersuchungen zu verzeichnen hatte).

In neuester Zeit stellt Kohl,[4] gestützt auf Palladin's[5] und eigene Versuche die bereits früher von Kraus[6] gemachte

---

[1] Monteverde (»Das Protochlorophyll und Chlorophyll«, vorläufige Mitteilungen, 1902) leugnet letzteres. Hierüber werde ich in einer eigenen Abhandlung berichten.

[2] Die Abhängigkeit des Ergrünens von der Wellenlänge des Lichtes. Sitzungsber. der kgl. preuß. Akad. der Wissensch. in Berlin, Jahrg. 1893.

[3] Über das Protochlorophyll. Acta horti Petropol. XIII, 1894.

[4] Untersuchungen über das Carotin und seine physiologische Bedeutung in der Pflanze. Leipzig 1902.

[5] Ergrünen und Wachstum etiolierter Blätter. Ber. der deutschen botan. Gesellsch., Bd. IX, 1891.

[6] C. Kraus, Über künstliche Chlorophyllerzeugung in lebenden Pflanzen bei Lichtabschluß. Aus botan. Jahresber. 1877.

Behauptung auf, daß gleichsam künstlich hervorgebrachtes Ergrünen im Dunkeln auch bei Angiospermen erzielt werden könne.[1] Systematisch ausgeführte Versuche speziell über diesen Gegenstand liegen indessen nicht vor.

Es liegt auf der Hand, daß es bei der Beantwortung der Frage über das Ergrünen vor allem anderen darauf ankommt über möglichst genaue quantitative Bestimmungen des neugebildeten Farbstoffes verfügen zu können.

Methoden zur quantitativen Chlorophyllbestimmung liegen, nach der Literatur zu schließen, verhältnismäßig sehr wenige vor und zwar sind dieselben in zwei Gruppen zu trennen: in eine spektralanalytische und eine chemisch-volumetrische. Übrigens läßt sich eine strenge Scheidung beider Untersuchungsarten nicht immer konstatieren.

Die ersten genaueren quantitativen Chlorophyllbestimmungen liegen von Wiesner (l. c.) vor, welcher in kalibrierten Röhren alkoholische Chlorophyllauszüge solange durch Titrieren mit gleichprozentigem Alkohol verdünnte, bis der Streifen I des (stationären) Chlorophylls verschwand. In ähnlicher Weise wurden von demselben auch quantitative Xanthophyllbestimmungen gemacht: stets gab die volumetrische Messung des zugefügten Alkohols Verhältniszahlen der vorhandenen Chlorophyll- respektive Xanthophyllmengen.

Timiriazeff[2] benützte zur Vergleichung verschiedener Blattgrünmengen eine Normalchlorophyllösung, welche im Dunkeln in einer zugeschmolzenen Glasröhre aufbewahrt wurde. Die quantitativen Messungen wurden ganz wie bei Wiesner durch Titrierung vorgenommen.

Tschirch's Methode zur quantitativen Chlorophyllbestimmung[3] besteht in der Darstellung des Zinksalzes der Phyllocyaninsäure, welches nach dessen Angabe 11·07 Zn enthält,

---

[1] Kf. hierüber auch Artari, Über die Bildung des Chlorophylls durch grüne Algen. Ber. der deutschen botan. Gesellsch., Bd. XX, 1902.

[2] Apparate für quantitative Analyse des Chlorophylls und zur Bestimmung des Gesetzes der Lichtabsorption durch dasselbe. Russ. aus Just's Jahresber. 1881.

[3] Methode zur quantitativen Bestimmung des Chlorophylls, sowohl in den Blättern als in Auszügen. Pharm. Zentralbl., 30.

wobei die Menge der Phyllocyaninsäure respektive des damit aufgenommenen Chlorophyllfarbstoffes rechnerisch gefunden werden kann.[1]

Neuerdings liegen von Kohl (l. c.) quantitative Bestimmungen von Pflanzenfarbstoffen (freilich in etwas spärlicher Anzahl) vor, die derselbe mit dem sogenannten Kolorimeter ausführte, von welchen jedoch Raumes halber keine weitere Notiz genommen werden kann.

Bei den angeführten Versuchen handelte es sich natürlich nicht um quantitative chemische Analysen quoad substantiam, deren bezüglich des Chlorophylls und dessen Derivaten ungemein zahlreiche anzuführen wären (kf. Literatur bei Marchlevsky: Chemie des Chlorophylls; Hamburg und Leipzig 1894; und Tschirch: Untersuchungen über das Chlorophyll; Berlin 1884), sondern lediglich um die meßbaren Mengen des bei einem bestimmten physiologischen Prozesse neugebildeten respektive zerstörten Blattgrüns. Bekanntlich geht die Bildung des letzteren bei angiospermen Pflanzen im allgemeinen nur im Lichte vor sich. Es ist dies eine der merkwürdigsten Wechselwirkungen zwischen Ätherschwingungen und chemischen Kräften, welche in den grünen oder ergrünenden Pflanzen die für die ganze Lebewelt so wichtige Kohlensäureassimilation und andere damit in Zusammenhang stehende Phänomene zur Folge haben.

Diese Energiewandlung in ihrem Werden einigermaßen zu verfolgen, soll der Zweck der vorliegenden Abhandlung sein.

B. Methode der Versuche im allgemeinen. Feststellung der Termini. Art der quantitativen Bestimmungen bei den Versuchen.

Bevor zur Schilderung der einzelnen Beobachtungen übergegangen wird, muß gleich zu Anfang bemerkt werden, daß genaue, absolute Messungen über neugebildetes respektive zerstörtes Chlorophyll niemals gemacht werden können, immer

[1] Kf. auch: Hansen, »Quantitative Bestimmung des Chlorophyllfarbstoffes in den Laubblättern. Würzburg 1887.

wird das Quantum der dabei in Betracht kommenden Pflanzenteile einerseits, die Wirkungsweise der Reagentien andrerseits wie bei jedem anderen chemischen Prozeß für jeden einzelnen Fall zu berücksichtigen sein. Es muß also darauf gesehen werden, stets passende vergleichbare Zustände herzustellen und auf diese Art störende Faktoren nach Tunlichkeit zu eliminieren. Die Methode, welche bei der quantitativen Bestimmung der Chlorophyllmengen im folgenden geschildert werden soll, war eine rein spektralanalytische.

Nach dem, was eingangs über das Verhältnis zwischen optischer Absorption und Assimilation gesagt wurde, möchte es scheinen, als würde ein solches Verfahren von vornherein den Tatsachen widersprechen und die ganze Arbeit sei gleichsam eine müssige. Allein um bei dieser so schwierigen Frage wenigstens einige physikalische Anhaltspunkte zum weiteren Forschen zu gewinnen (da ja andere Mittel noch weniger zum Ziele führen dürften), wurde dieser Ausweg als der zuverlässigste erachtet.

Den Hauptpunkt der vergleichenden Messungen bildete die Betrachtung der gegenseitigen Lage und Intensität der Chlorophyll- und Etiolinbänder in einem und demselben Dispersionsbereiche.

Unter »Etiolin« soll im folgenden jener Farbstoff verstanden werden, welcher (im Sinne Pringsheim's) in alkoholischen Lösungen[1] die Hauptabsorption im schwachbrechbaren Teile von $\lambda = 640-620\ \mu\mu$ eine Nebenabsorption von $\lambda = 589-570\ \mu\mu$ im Spektrum hervorbringt.[2] Wenn sich auch Kohl (l. c.) für die Abschaffung dieses Terminus sehr energisch ausspricht, so scheint doch diese Bezeichnung unter allen die geeignetste für den in Rede stehenden Farbstoff zu sein; denn die Übereinstimmung zahlreicher Autoren hierüber würde die Einführung eines neuen Terminus um so weniger rechtfertigen, als in der Literatur ohnehin schon eine sehr große Menge

[1] Am lebenden Blatte kann die genannte Absorption niemals wahrgenommen werden; der Grund wird später angeführt.

[2] In herbstlich gelbgefärbten Blättern sind die angeführten Absorptionen niemals konstatierbar (Autumnophyll ist ein Carotin).

(vielleicht wirklich identischer) grüner und gelber Farbstoffe aufgezählt werden.[1]

Daß »Etiolin« kein Carotin ist, wird nicht bezweifelt; dies zeigt ja auch vollauf dessen spektroskopisches Verhalten. Etiolin ist vielmehr gleichbedeutend mit Monteverde's Protochlorophyll, das nach dessen Angaben und des Verfassers eigenen Experimenten überhaupt kein gelber, sondern grüner Farbstoff ist, der jedoch für das menschliche Auge seiner äußerst geringen Quantität wegen äußerlich am »etiolierten« Blatte niemals sichtbar wird. Dieses Etiolin besitzt eine deutliche Fluoreszenz, welche von der Absorption von $\lambda = 640$ bis 620 μ abhängt (Fluoreszenz I. Art nach Lommel) und dispergiert anomal wie Chlorophyll. Ferner wird dasselbe im Dunkeln gebildet, jedoch auch wieder im Dunkeln zerstört, wie zahlreiche Versuche mit etiolierten Gerstenkeimlingen lehrten.

Es ist nun eine Tatsache, daß bei Beleuchtung etiolierter Pflanzenteile die Absorptionsstreifen des Etiolins und des neugebildeten Chlorophylls sich nebeneinander in einem und demselben Dispersionsbereiche der alkoholischen Lösung zeigen, und zwar in gradueller Verschiedenheit ihrer Intensitäten, je nachdem die Pflanzen früher schwächer oder stärker beleuchtet wurden. Je intensiver die Lichtquelle wirkte, um so schwächer erscheint der Etiolin-, um so schärfer und dunkler der definitive Chlorophyllstreifen I.

Hieraus läßt sich der Schluß ziehen, daß aus dem meßbaren Verhältnisse der Absorptionsintensitäten der Bänder I des Chlorophylls ($\lambda = 680—640—x$) und des Etiolins[2] ($\lambda = 640—620—x$) die Menge des neugebildeten Chlorophylls im allgemeinen unabhängig von der Quantität belichteter Pflanzenteile bestimmt werden kann. (Da dieser Prozeß in unserem Falle sich nur im Lichte vollzieht und makroskopisch durch das allmähliche Grünwerden des Keimlings sich manifestiert, so liegt es wohl sehr nahe, von einer wirklichen Entstehung des Chlorophylls [Ionengruppe γ] zu sprechen. Allein

[1] Kf. Tschirch, l. c., ferner Tammes, Flora, 1900, Heft 87: Über die Verbreitung des Carotins im Pflanzenreiche. Auch Kohl, l. c.

[2] Kf. hierüber die Anmerkung zu Punkt 4 in den Resultaten.

wie reserviert man gerade mit dem Terminus »Chlorophyll« umgehen muß, zeigt das genauere Studium der Literatur über diesen Punkt.) Die Proportionalität des Verbleichens der Etiolinabsorption und des Intensiverwerdens des Chlorophyllbandes I läßt einerseits die Wirkungsart der Aktivität des Lichtes erkennen, andrerseits aber auch auf die genannte »Entstehung« des Chlorophylls aus dem Etiolin einige Schlüsse ziehen. Ferner kann man leicht daraus ersehen, daß das Etiolin zwar ein dem Chlorophyll sehr nahestehender, aber keineswegs mit demselben identischer Farbstoff ist.[1]

Inwieferne Carotin bei dem geschilderten Prozesse beteiligt ist, kann wohl nur schwer ermittelt werden (kf. den Schluß dieser Abhandlung). Die Reindarstellung des Etiolins in Kristallform ist so wie die des Chlorophylls und Carotins versucht worden; ein näheres Eingehen auf diesen Punkt erscheint jedoch für das Folgende belanglos. Bemerkt muß aber werden, daß das Etiolin Marchlewski's, Bode's, Tschirch's und Pringsheim's bereits den mit eigentlichem Chlorophyll vermischten Farbstoff darstellte, da man entschieden nicht mit der richtigen Vorsicht zu Werke ging (vielleicht nahm man bereits chlorophyllführende Samen oder es traf die Pflanzen schwaches, diffuses Tageslicht während des Experimentierens). So erklären sich z. B. die Angaben Tschirch's (l. c.) über die Absorption des Etiolins

Band I..... λ = 670—640 $\mu\mu$;
» II*a*.... 630—620 »
» II*b*.... 608—595 »

Band I gehört vollständig dem neugebildeten Chlorophyll und Band II dem Etiolin an. (Wenn es einzelne angiosperme Pflanzen gibt, welche auch in vollständiger Dunkelheit gezogen, den Streifen I des Chlorophylls im Spektrum zeigen, so ändert dies an der Sache nichts, bekräftigt vielmehr auch hierin die verwandschaftlichen Beziehungen zwischen Gymnospermen und Angiospermen).

[1] Die Etiolinlinie I geht so wie die des Chlorophylls in das Benzol über. Es hindert übrigens nichts, mit Kohl (l. c.) Etiolin als Chlorophyll im latenten Zustand aufzufassen.

C. Versuchsmethode im besonderen.

α. Auswahl der Pflanzen und deren Aufstellung bei den Versuchen.

Wie bereits erwähnt, galt es bei den Versuchen, möglichst vergleichbare Zustände herbeizuführen. Die Anzahl der Pflanzen, mit denen experimentiert wurde, war anfangs eine ziemlich große, allein es stellte sich heraus, daß neben anderen Unzukömmlichkeiten, namentlich bei den in der Jugend anthokyanführenden Keimlingen, der gelbe und grüne Farbstoff in dickeren Lösungsschichten durch den roten respektive violetten vollständig verdeckt ward, was die Untersuchungen erheblich erschwerte. Andrerseits lehrte die Vergleichung der Spektra leichter zu untersuchender Pflanzen, daß erhebliche Unterschiede in den Dispersionsbereichen nicht konstatierbar waren. So wurde zuletzt nur mehr mit vier Spezies experimentiert, und zwar von möglichst verschiedenen Angiospermengruppen: *Hordeum sativum, Lepidium sativum, Cucurbita pepo* und *Phaseolus multiflorus*.

Der Umstand, daß bei den Gramineen die einzelnen Teile des Blattes nicht gleichalterig sind, konnte bei den Versuchen füglich unberücksichtigt bleiben, da stets nur gleichalterige Triebe geerntet wurden. Bei *Lepidium* wurden lediglich die kleinen Blätter, bei *Cucurbita* die dem Lichte zugewendeten Cotylen gleicher Höhe und gleichen Alters nach Ablösung der Samenschale präzise zu Beginn des Versuches verwendet. Die Samen wurden unter Doppelsturz sämtlich bei gleicher Temperatur gezogen. Auch geschah die Prüfung derselben auf etwa vorhandenes Chlorophyll nach Tunlichkeit. Nur ein einzigesmal wurden Spuren des Chlorophyllbandes I im alkoholischen Extrakt von *Lepidium*-Samen entdeckt. Die ganze Lieferung wurde natürlich als unbrauchbar entfernt.

Die Experimente wurden sämtlich im Dunkelzimmer des pflanzenphysiologischen Institutes der k. k. Universität in Wien vorgenommen; die Länge des Zimmers beträgt zirka 9 *m*, die Breite zirka 4 *m*, die Höhe zirka 5 *m*. Die Wände und der

Experimentiertisch sind mattgeschwärzt; alle lichtreflektierenden Gegenstände wurden entfernt, unentbehrliche Utensilien, wie Assimilationswage und Reagenzkästchen mit mattschwarzen Tüchern verhängt. Da auch der dunkelste Gegenstand in Wirklichkeit noch Licht reflektiert, so konnte auf eine absolut genaue Bestimmbarkeit der Lichtintensitäten nicht gerechnet werden; allein bei relativen Messungen konnte dieser Fehler bei sonst gleichen Umständen außeracht gelassen werden.

Die zu untersuchenden Keimlinge waren teils in Töpfen, teils in Keimschalen in später zu besprechenden Entfernungen von der Lichtquelle aufgestellt und zwar abwechselnd in Kreisbogenform, wenn mehrere Töpfe einer und derselben Spezies benötigt wurden, welches Verfahren darum notwendig erschien, damit die Keimlinge sich nicht gegenseitig in Schatten standen. Die relative Feuchtigkeit im Experimentierraum blieb immer dieselbe (zirka 45%). Gegossen wurden die Keimlinge stets mit gewöhnlichem Wasser von derselben Temperatur und pro Topf im selben Quantum (einmal täglich zur selben Stunde). Daß beim Betreten und Verlassen des Experimentierraumes kein störendes Licht die Keimlinge traf, wurde durch einen dichten Vorhang sowie einen mattgeschwärzten Verschlag vor der Zimmertüre bewerkstelligt. Die Wasserleitung ist im Zimmer selbst angebracht.

Den bei den Experimenten anscheinend wundesten Punkt bildete wohl das Quantum des bei den einzelnen Beleuchtungsphasen zur Vergleichung verwendeten Pflanzenmaterials. Es wurde indessen oben bemerkt, daß unabhängig vom letzteren die Verhältniszahlen der Intensitäten von Streifen I des Etiolins und Chlorophylls als das Maßgebende bei sämtlichen Beobachtungen erscheint. Allein trotzdem wurden auch hierin wieder möglichst vergleichbare Zustände geschaffen. Zu jeder Probe wurden je 4 *g* Blattsubstanz (sit venia verbo!) verwendet, und zwar, um die genannten vier Spezies noch besser vergleichen zu können, von jeder Spezies dieselbe Menge. Es wurden übrigens nur solche Keimlinge für die spektralanalytische Untersuchung verarbeitet, welche vollständig im

Lichte und in einem und demselben Bogen standen, ferner die nämliche Wachstumsgröße besaßen.

β. Die Beleuchtung der Keimlinge.

Das Wichtigste und zugleich Schwierigste bei der Einleitung der Versuche bildete die Wahl einer passenden Beleuchtungsintensität der Pflanzenteile.

Das Natürlichste bezüglich der Qualität des Lichtes wäre wohl gewöhnliches Sonnen- respektive diffuses Tageslicht gewesen, allein jedermann sind die Schwierigkeiten bekannt, welche hiebei einer exakten Methode entgegenstehen. Man weiß jedoch, daß Gaslicht, elektrisches Bogenlicht, ja selbst polarisiertes Licht sehr starke Kohlensäurezersetzung und Ergrünen hervorrufen.[1] Allerdings wird bei Benützung künstlicher Lichtquellen[2] die Assimilationskurve mehr oder minder bedeutend modifiziert werden, da z. B. im Gaslicht die kurzwelligen Strahlen sehr geschwächt sind. Letztere kommen jedoch bei den Versuchen weniger in Betracht, wie später auseinandergesetzt werden soll. »Die Assimilation«, sagt Reinke,[3] sich an Lommel anschließend, »stellt sich durch den übereinstimmenden Verlauf der Kurven dar als eine Funktion der Absorption in derjenigen Atomgruppe, welche im Chlorophyll, wie auch in allen näheren Zersetzungsprodukten desselben, die Strahlen zwischen *B* und *C* lebhaft absorbiert.« Wenn auch diese Bemerkung mit großer Reserve aufgenommen werden muß (siehe den Schluß), so steht es doch fest, daß die genannten Strahlen bei Gaslicht fast geradeso wirken, wie beim Sonnenlichte. Übrigens kommt es ja im folgenden (und

---

[1] Es wurden übrigens auch derartige Versuche angestellt. Darüber in einer späteren Abhandlung.

[2] Daß die Bewegung der Erde nie einen Einfluß erster Ordnung auf Versuche mit terrestrischen Lichtquellen ausübt, wurde streng von Lorentz gezeigt (Lorentz: Versuch einer Theorie der elektrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern. Leiden, 1895).

[3] Die optischen Eigenschaften der grünen Gewebe in ihrer Beziehung ·r Assimilation.

das sei hier besonders noch hervorgehoben) überhaupt nur auf die Beschreibung rein optischer respektive photochemischer Effekte an, welche bei der Insolation in der Pflanze vor sich gehen.

Bei relativen Untersuchungen, wie in unserem Falle, ist vielmehr das Hauptaugenmerk auf die Beschaffung einer konstanten Lichtquelle zu richten, welche bei sonst gleichen Umständen die Meßbarkeit des optischen Effektes ermöglicht. Als solche wurde stets die Flamme eines Mikrobrenners verwendet, ohne jedwede Hülse oder Glaszylinder. Der Brenner stand mit einem gut funktionierenden Gasregulator in Verbindung. Die richtige Wahl der Beleuchtungsstärke bot anfangs ebenfalls einige Schwierigkeiten, einerseits wegen baldigen Verschwindens des Etiolinstreifens bei stärkerer Flamme, andrerseits wegen möglichster Verhütung des Einflusses strahlender und leitender Wärme, welche namentlich die dem Lichte näher gelegenen Pflanzen treffen mußte. So wurden denn zuletzt mit Hilfe des Bunsen'schen Photometers folgende Intensitäten für die Versuche hergestellt: $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_6$, $^1/_8$ einer Normalkerze.

Die Pflanzen wurden in je 1 *m* Entfernung voneinander in der oben genannten Kreisbogenform aufgestellt, und zwar stand die am wenigsten belichtete Pflanze 6 *m* von der Lichtquelle ab. Während der Expositionszeit (stets genau 144 Stunden bei jeder Versuchsreihe) brannte die Flamme vollständig gleichmäßig, wie aus photometrischen Kontrollbeobachtungen nach den Versuchen hervorging. Die Belichtung der jungen Pflanzen geschah nach Maßgabe der Keimfähigkeit der Samen, welch letztere natürlich zugleich ausgesät wurden.

Bei einer und derselben Spezies wurden die bereits früher postierten Doppelstürze in demselben Momente gehoben: Bei *Lepidium* nach zirka $^1/_2$tägigem Hervorsprießen aus der Erde, bei der Gerste stets in $1^1/_2$ *cm* Höhe, bei *Phaseolus* nach dem Hervorbrechen der ersten Blätter und bei *Cucurbita* beim Erscheinen der ersten Samenschalen. Auch in dieser Hinsicht lehrten zahlreiche Vorversuche, daß es auf 2 bis 3 Stunden längeren Verweilens im Dunkeln nicht ankommt, wenn eine Belichtungsfrist von 144 Stunden (auch geringerer Intensität) nachfolgt.

γ. Temperaturverhältnisse.

Die Temperatur schwankte bei sämtlichen Versuchen höchstens zwischen 17·5° und 18° C., bei welcher auch *Lepidium* noch ganz gut fortkommen kann.[1]

Durch sehr eingehende Vorversuche wurde ermittelt, daß das Schwanken des Wärmegrades innerhalb noch weiterer als den genannten Grenzen auf das Ergrünen der vier Spezies keinen Einfluß ausübt.

δ. Verarbeitung des Pflanzenmaterials nach den Versuchen.

Nach 144 Stunden Expositionszeit wurden die Pflanzen in 96% Alkohol gewaschen, zerschnitten, dann abgetrocknet und zuletzt solange in 14 cm^3 von 96% Alkohol zerquetscht, bis ein gleichmäßiger Brei in der Reibschale vorhanden war. Die breiige Masse wurde in gleichartige Glasgefäße gegossen und wohlverschlossen durch 24 Stunden unter Doppelsturz verwahrt, sodann gut durchgefiltert, bis eine vollständig klare, für die spektroskopische Untersuchung geeignete Lösung erhalten wurde. Die Wage (zur Abwägung der 4 g Blattsubstanz) befand sich, wie erwähnt, auf dem Experimentiertisch, durch mattschwarze Tücher verhängt und war dieselbe ebenfalls, sowie die Gewichte, mattgeschwärzt. Das Auge des Experimentierenden wurde stets durch längeres Verweilen in der Dunkelkammer derart an die Dunkelheit gewöhnt, daß der Ausschlag an der Wage vollständig genau beobachtet werden konnte, denn von der Lichtquelle drang nur ein ganz matter Schein durch die Vorhänge.

ε. Spektrophotometrische Untersuchungen.

Zu vergleichenden Messungen der Hauptabsorptionen I des Chlorophylls und Etiolins wurde das Glan'sche Spektrophotometer[2] verwendet, dessen nähere Beschreibung füglich unter-

[1] Kf. hierüber: Detmer, Vergleichende Physiologie des Keimungsprozesses der Samen. Jena, 1880

[2] Es mag wohl wundernehmen, daß zu den Untersuchungen dieser Apparat benützt wurde, denn die Konzentrationsstufen der Lösungen sind

bleiben kann. Es sei lediglich auf die diesbezügliche Literatur verwiesen.[1]

Als Absorptionskoeffizient gilt in den Tafeln $-\log \tan^2\varphi$ des am Nicol abgelesenen Winkels, welcher Ausdruck durch Kombination der Malus'schen Formel mit der Integration und Konstantenbestimmung der Gleichung

$$-dJ = kJdk'$$

entsteht, wobei J die Intensität des auf die Lösungsschichte auffallenden Lichtes, k eine von der Farbe und dem absorbierenden Medium abhängige Konstante und k' die Schichtendicke der Lösung bezeichnet. Die Schichtendicke betrug bei sämtlichen Messungen 270 *mm*. Das Absorptionsmaximum I des Etiolins kann nämlich nur bei sehr starker Konzentration oder bei bedeutender Länge der durchstrahlten Lösung deutlich wahrgenommen werden. Bei den in Rede stehenden Untersuchungen wurden beide Faktoren berücksichtigt. Übrigens war die Glasküvette nur 1·5 *mm* breit, so daß die aus 14 cm^3 gewonnene und gut filtrierte Lösung meist zu zweimaliger Untersuchung hinreichte. Die Intensität des bei den spektrophotometrischen Untersuchungen verwendeten Lichtes betrug zirka 10 Normalkerzen. Daß auch diese Experimente mit ziemlich großen Schwierigkeiten verbunden waren, erhellt daraus, daß während einmaligen Durchmessens des Dispersionsbereiches durch das intensive Gaslicht kleine Mengen von Chlorophyll (respektive Chlorophyllan) zerstört wurden, also eine zweimalige Prüfung einer und derselben Lösung unstatthaft erschien. Es mußte also stets eine zweite

---

niemals derart erreichbar, daß die Gesamtintensität des Dispersionsbereiches dieselbe ist; in der Tat erschienen auch die ersten Experimente sehr trostlos, allein der Umstand, daß die relativen Intensitäten der Absorptionsbänder auch bei zu gleicher Zeit angestellten Kontrollversuchen dieselben blieben, zeigte den Weg zu weiterem Verfahren: die oben angeführten Daten so genau wie möglich einzuhalten, d. h. stets unter nämlichen Bedingungen zu experimentieren. Hat ja der genannte Apparat in der Pflanzenphysiologie bisher die besten Dienste geleistet, wie Reinke's und Schütt's Arbeiten zur Genüge dartun.

[1] Kf. Wüllner, Strahlung, I.; Liebisch, Kristallographie, etc. etc.).

frische Lösung der Untersuchung unterzogen werden. Allein auch diese Messung konnte zu einer völlig befriedigenden Bestimmung der Absorptionsmaxima nicht führen, da vielleicht bei den vorhergegangenen Manipulationen Fehler unterlaufen konnten.

Daher wurde jeder Versuch drei- bis siebenmal wiederholt, im Frühjahr und im Herbste, wenn die Temperatur der Dunkelkammer (18° C.) das Experimentieren gestattete. Auffallen wird ferner der Umstand, daß zur Prüfung auf neuentstandenes Chlorophyll Alkohol als Lösungsmittel verwendet wurde, also entschieden ein Zersetzungsprodukt des Chlorophylls vorlag. Dies geschah deshalb, weil einerseits die beabsichtigten Beobachtungen an lebenden Pflanzen unausführbar sind, denn der Etiolinstreifen konnte noch niemals im Spektrum lebender Pflanzen, des geringen Quantums dieses Farbstoffes wegen, gesehen werden; zweitens weil sogenanntes »Reinchlorophyll« neben Etiolin darzustellen ein Ding der Unmöglichkeit gewesen wäre.

Bei den in Rede stehenden Untersuchungen konnten folgende Punkte nicht berücksichtigt werden:

1. Lageänderung der Organe, wie heliotropische Krümmungen, welche als spezifische Wachstumserscheinungen niemals eliminiert werden konnten. Diesbezüglich war in der Tat, wie auch aus Wiesner's zahlreichen Untersuchungen über diesen Punkt klar hervorgeht, eine Gleichheit der Krümmungen gegen das Licht auf den verschiedenen Standplätzen niemals erreichbar, es hätte denn, um jedweden heliotropischen Effekt zu vermeiden, monochromatisches gelbes Licht in Anwendung kommen müssen. Letzteres hätte jedoch nicht annähernd den Vorgängen in der Natur entsprechende Resultate hervorgerufen.

2. Die Schnelligkeit des Wachstums verschiedener Keimlinge, welche ebenfalls nie genau kontrolliert werden konnte, so daß am Ende eines Versuches einzelne derselben gleich hoch erschienen, obschon dieselben in Bezug auf die Dauer

des Lichtgenusses wegen des späteren Hervorkeimens vielleicht um mehrere Stunden differieren konnten.

Bedeutende Unterschiede ergaben sich jedoch in dieser Hinsicht niemals.

D. Tabellen- und Tafelerklärung.

In den folgenden Tabellen sind links vom einfachen Striche die Wellenlängen der Absorptionsskala, rechts von demselben die für die einzelnen Intervalle geltenden Exstinktionskoeffizienten ($-\log_{Brigg} \tan^2\varphi$) angegeben.

In jeder der beigelegten Kurventafeln sind auf den Abszissenachsen die Wellenlängen verzeichnet, die Ordinaten bilden die Exstinktionskoeffizienten von 0 bis 3·516, also für Ablesungswinkel von 0 bis 45°. Die jedesmalige Multiplikation der genannten Koeffizienten mit 100 gewährt in den Tafeln eine leichtere Übersicht der zu vergleichenden Kurven. Die nachstehenden Tabellen (und Kurven) sind selbstverständlich nicht als das arithmetische Mittel der einzelnen Versuche anzusehen, sondern bilden vielmehr das Resultat der bestgelungenen Versuchsreihen.[1]

Die Versuche bei $^1/_6$-Normalkerze sind nicht angeführt, da dieselben zu wenig durch Kontrollversuche erhärtet erscheinen.

Zu bemerken erübrigt noch, daß eigentliche Unstetigkeitspunkte in den Kurven sich niemals vorfinden können,[2] dieselben sind in den beiliegenden Tafeln nur durch streng abgegrenzte Intensitätsmessungen bestimmter Dispersionsbezirke veranlaßt.

---

[1] Es ist dies in unserem Fall auch der Methode der Fehlerberechnung selbstverständlich weit vorzuziehen.

[2] Kf. Drude, Lehrbuch der Optik u. a.

Gerste bei $^1/_8$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle					
1 *m*		2 *m*		3 *m*	
704 —697 μμ	0·18	704 —697 μμ	0·15	704 —697 μμ	0·18
697 —690	0·37	697 —690	0·25	697 —690	0·09
690 —684	0·7	690 —684	0·41	690 —684	0·21
684 —678	0·88	684 —678	0·51	684 —678	0·26
678 —673	1·21	678 —673	0·55	678 —673	0·31
673 —667	1·24	673 —667	0·57	673 —667	0·34
667 —663	1·03	667 —663	0·55	667 —663	0·31
663 —658	0·79	663 —658	0·53	663 —658	0·33
658 —653	0·44	658 —653	0·44	658 —653	0·34
653 —648	0·43	653 —648	0·48	653 —648	0·37
648 —643	0·49	648 —643	0·66	648 —643	0·48
643 —639	0·57	643 —639	0·7	643 —639	0·51
639 —633	0·59	639 —633	0·72	639 —633	0·64
633 —630	0·51	633 —630	0·68	633 —630	0·7
630 —627	0·48	630 —627	0·62	630 —627	0·66
627 —622·5	0·53	627 —622·5	0·6	627 —622·5	0·64
622·5—613	0·59	622·5—617·5	0·59	622·5—617·5	0·62
613 —610	0·57	617·5—615	0·66	617·5—613	0·64
610 —602	0·58	615 —610	0·7	613 —610	0·66
602 —598	0·55	610 —606	0·74	610 —598	0·68
598 —595	0·6	606 —602	0·83	598 —595	0·7
595 —589	0·62	602 —595	0·85	595 —591·5	0·74
589 —585·5	0·64	595 —591·5	0·88	591·5—589	0·77
585·5—583	0·66	591·5—589	0·92	589 —583	0·79
583 —580	0·7	589 —583	0·95	583 —580	0·9
580 —577·5	0·74	583 —580	0·98	580 —574·5	0·95
577·5—572	0·83	580 —577·5	1·03	574·5—572	0·95
572 —569	0·88	577·5—574·5	1·11	572 —569	0·98
569 —565·5	0·93	574·5—569	1·14	569 —564	1·06
565·5—564	0·95	569 —566·5	1·24	564 —559·5	1·09
564 —559·5	1·08	566·5—564	1·35	559·5—553·5	1·17
559·5—553·5	1·14	564 —559·5	1·42	553 5—548·5	1·35
553·5—548·5	1·27	559·5—553·5	1·51	548·5—543	1·6
548·5—543	1·6	553·5—548·5	1·7	543 —539	2·03
543 —539	1·82	548·5—543	2·21	539 —534	2·56
Merkliches Ergrünen nach 144 Stunden. Kurve 1.		Kein merkl. Ergrünen nach 144 Stunden wie bei den folgend. Kurve 2.		Kurve 3.	

Entfernung von der Lichtquelle					
4 *m*		5 *m*		6 *m*	
690 —684 μμ	0·03	684 —678 μμ	0·06	690 —684 μμ	0·03
684 —678	0·04	678 —673	0·18	684 —678	0·06
678 —673	0·12	673 —667	0·23	678 —673	0·25
673 —667	0·11	667 —663	0·25	673 —667	0·26
667 —663	0·15	663 —658	0·27	667 —658	0·27
663 —658	0·15	658 —653	0·31	658 —653	0·34
658 —653	0·18	653 —648	0·36	653 —648	0·51
653 —648	0·28	648 —643	0·55	648 —643	0·74
648 —643	0·41	643 —639	0·68	643 — 639	0·90
643 —639	0·51	639 —633	0·83	639 —633	0·93
639 —633	0·59	633 —630	0·98	633 —630	1·11
633 —630	0·72	630 —627	0·85	630 —627	1·14
630 —627	0·83	627 —622·5	0·7	627 —622·5	1·02
627 —622	0·72	622·5—617·5	0·68	622 5—617·5	0·83
622 —617·5	0·70	617·5—613	0·7	617·5—613	0·70
617·5—613	0·59	613 —602	0·72	613 — 610	0·74
613 —610	0·62	602 —595	0·79	610 —598	0·72
610 —606	0·64	595 —591·5	0·81	598 — 595	0·79
606 —602	0·66	591·5—589	0·83	595 —591·5	0·83
602 —598	0·68	589 —583	0·9	591·5—589	0·85
598 —591·5	0·72	583 —580	0·98	589 —585·5	0·90
591·5—589	0·77	580 —577·5	1·00	585·5—583	0·93
589 —583	0·79	577·5—569	1·03	583 —580	1·00
583 —580	0·81	569 —566·5	1·09	580 —577·5	1·06
580 —577·5	0·85	566·5—564	1·11	577·5—574·5	1·09
577·5—574·5	0·9	564 —559·5	1·14	574·5—572	1·14
574·5—572	0·93	559·5—553·5	1·21	572 —564	1·17
572 —569	1·03	553·5—548·5	1·35	564 —559·5	1·24
569 —566·5	1·06	548·5—543	1·6	559·5—553·5	1·27
566·5—564	1·09			553·5—548	1·60
564 —559·5	1·14			548 —543	1·82
559·5—553·5	1·21			543 —539	2·91
553·5—548·5	1·51				
548·5—543	1·6				
543 —539	1·96				
539 —534	2·03				

Kurve 4.

Kurve 5.

Kurve 6.

Lepidium bei $^1/_8$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle								
1 *m*			2 *m*			3 *m*		
704 —697 μμ		0·59	704 —697 μμ		0·59	704 —697 μμ		0·59
697 —690		0·95	697 —690		0·83	697 —690		0·62
690 —684		1·17	690 —684		0·88	690 —684		0·64
684 —678		1·42	684 —673		1·03	684 —673		0·68
678 —673		1·76	673 —667		1·00	673 —667		0·63
673 —667		1·70	667 —663		0·93	667 —663		0·66
667 —663		1·51	663 —658		0·88	663 —653		0·70
663 —658		1·27	658 —653		0·9	653 —648		0·81
658 — 653		1·21	653 —648		0·88	648 —643		0·83
653 —643		1·14	648 —643		0·9	643 —633		0·79
643 —639		1·06	643 —630		0·92	633 —630		0·77
639 —633		1·03	630 —622·5		0·88	630 —622·5		0·74
633 —627		1·09	622·5—617·5		0·9	622·5—617·5		0·72
627 —617·5		1·17	617·5—613		0·98	617·5—613		0·79
617·5—610		1·21	613 —610		0·98	613 —610		0·83
610 —602		1·17	610 —606		0·99	610 —606		0·88
602 —595		1·14	606 —602		1·00	606 —598		0·9
595 —591·5		1·11	602 —598		1·03	598 —595		0·93
591·5—589		1·11	598 —595		1·09	595 —591·5		0·98
589 —585·5		1·14	595 —591·5		1·09	591·5—589		1·06
585·5—580		1·17	591·5—585·5		1·09	589 —585·5		1·09
580 —577·5		1·21	585·5—583		1·17	585·5—580		1·11
577·5—572		1·27	583 —577·5		1·27	580 —574·5		1·14
572 —569		1·31	577·5—574		1·42	574·5—572		1·21
569 —566·5		1·35	574 —569		1·46	572 —564		1·24
566·5—564		1·51	569 —559		1·51	564 —559·5		1·38
564 —559·5		1·70	559 —553·5		1·65	559·5—553·5		1·6
559·5—553·5		1·76	553·5—548·5		1·70	553·5—548		1·07
553·5—548		1·96	548·5—543		1·82	548 —543		2·12
548 —543		2·03	543 —539		2·12			
Merkliches Ergrünen nach 144 Stunden.			Sehr mattes Ergrünen nach 144 Stunden.			Kein deutliches Ergrünen. Übrigens ist dieser Versuch ohne erwünschtes Resultat geblieben.		
Kurve 7.			Kurve 8.			Die Kurve ist nicht eingezeichnet.		

Entfernung von der Lichtquelle					
4 *m*		5 *m*		6 *m*	
704 —697 μμ	0·28	704 —697 μμ	0·41	697 —690 μμ	0·31
697 —690	0·51	697 —690	0·49	690 —684	0·51
690 —684	0·62	690 —684	0·62	684 —678	0·55
684 —678	0·74	684 —673	0·68	678 —673	0·59
678 —673	0·74	673 —667	0·6	673 —667	0·59
673 —667	0·73	667 —663	0·66	667 —663	0·6
667 —663	0·68	663 —658	0·07	663 —658	0·62
663 —658	0·7	658 —653	0·74	658 —653	0·68
658 —653	0·74	653 —648	0·79	653 —648	0·7
653 —648	0·77	648 —643	0·98	648 —643	0·93
648 —643	0·83	643 —639	1·00	643 —639	0·98
643 —639	0·9	639 —633	1·06	639 —633	1·00
639 —633	0·93	633 —630	1·09	633 —630	1·09
633 —627	0·98	630 —627	1·06	630 —627	0·95
627 —617·5	0·93	627 —622·5	0·93	627 —622·5	0·9
617·5—606	0·88	622·5—617·5	0·09	622·5—617·5	0·83
606 —602	0·95	617·5—613	0·83	617·5—613	0·74
602 —595	0·98	613 —610	0·79	613 —606	0·79
595 —591·5	1·11	610 —602	0·72	606 —602	0·72
591·5—589	1·14	602 —598	0·88	602 —598	0·79
589 —585·5	1·17	598 —595	0·93	598 —595	0·88
585·5—580	1·21	595 —591·5	0·98	595 —591·5	0·93
580 —577·5	1·24	591·5—589	1·06	591·5—589	0·98
577·5—569	1·27	589 —585·5	1·09	589 —585·5	1·00
569 —566·5	1·31	585·5—583	1·11	585·5—580	1·09
566·5—564	1·35	583 —577·5	1·14	580 —577·5	1·11
564 —559·5	1·38	577·5—572	1·17	577·5—574·5	1·14
559·5—553·5	1·46	572 —564	1·21	574·5—572	1·17
553·5—548·5	1·60	564 —559	1·27	572 —566·5	1·14
548·5—543	1·7	559 —553 5	1·38	566·5—564	1·21
543 —539	1·89	553·5—548·5	1·60	564 —559·5	1·27
539 —534	2·03	548·5—543	1·76	559·5—553·5	1·35
				553·5—548·5	1·51
				548·5—539	1·6
Kein Ergrünen. Kurve 9.		Kurve 10.		Kurve 11.	

Cucurbita bei $^1/_8$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle					
1 *m*		2 *m*		3 *m*	
704 —697 μμ	0·31	697 —690 μμ	0·18	697 —690 μμ	0·34
697 —690	0·34	690 —684	0·31	690 —684	0·37
690 —684	0·51	684 —678	0·39	684 —678	0·48
684 —678	0·74	678 —673	0·41	678 —673	0·49
678 —673	0·88	673 —667	0·34	673 —667	0·41
673 —667	1·03	667 —663	0·28	667 —663	0·43
667 —663	0·90	663 —658	0·23	663 —658	0·44
663 —658	0·70	658 —653	0·21	658 —653	0·48
658 —648	0·60	653 —648	0·28	653 —648	0·55
648 —639	0·66	648 —643	0·31	648 —643	0·57
639 —633	0·62	643 —639	0·33	643 —639	0·55
633 —630	0·59	639 —633	0·37	639 —633	0·59
630 —627	0·55	633 —630	0·44	633 —630	0·60
627 —622·5	0·44	630 —627	0·39	630 —622·5	0·59
622·5—617·5	0·62	627 —622·5	0·34	622·5—617·5	0·62
617·5—613	0·72	622·5—617·5	0·48	617·5—613	0·66
613 —610	0·74	617·5—613	0·55	613 —610	0·70
610 —602	0·72	613 —610	0·51	610 —606	0·74
602 —595	0·83	610 —606	0·53	606 —598	0·79
595 —589	0·88	606 —602	0·59	598 —595	0·77
589 —585·5	0·93	602 —598	0·66	595 —591·5	0·81
585·5—583	0·98	598 —595	0·70	591·5—589	0·88
583 —580	1·00	595 —585·5	0·74	589 —585·5	0·93
580 —566·5	1·03	585·5—583	0·77	585·5—580	1·09
566·5—564	1·09	583 —580	0·79	580 —577·5	1·14
564 —559	1·14	580 —577·5	0·83	577·5—574·5	1·17
559 —553·5	1·21	577·5—574·5	0·88	574·5—569	1·21
553·5—548·5	1·31	574·5—566·5	0·90	569 —566·5	1·24
548·5—543	1·60	566·5—564	0·93	566·5—564	1·24
543 —539	2·12	564 —559·5	1·03	564 —559·5	1·35
		559·5—553·5	1·09	559·5—553·5	1·42
		553·5—548	1·21	553·5—548	1·51
		548 —543	1·35	548 —543	2·03
		543 —539	1·60		
Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.		Kein Ergrünen nach 144 Stunden.			
Kurve 12.		Kurve 13.		Kurve 14.	

Entfernung von der Lichtquelle					
4 *m*		5 *m*		6 *m*	
697 —690 μμ	0·25	690 —684 μμ	0·15	690 —684 μμ	0·41
690 —684	0·18	684 —673	0·18	684 —678	0·34
684 —678	0·21	673 —667	0·21	678 —673	0·51
678 — 667	0·25	667 —663	0·23	673 —667	0·53
667 —663	0 26	663 —653	0·25	667 — 663	0·64
663 —658	0·29	653 —648	0·30	663 —658	0·66
658 —653	0·31	648 —643	0·34	658 —653	0·68
653 —648	0·34	643 —639	0·36	653 —648	0·70
648 —643	0·37	639 —633	0·41	648 —643	0·74
643 —639	0·41	633 —630	0·44	643 —639	0·83
639 —633	0·46	630 —627	0·43	639 —633	0·90
633 —630	0·51	627 —622·5	0·34	633 —630	0·91
630 —627	0·49	622·5—617·5	0·41	630 —627	0·83
627 —622·5	0·48	617·5—613	0·44	627 —622·5	0·79
622·5—617·5	0·46	613 —606	0·51	622·5—613	0·77
617·5—613	0·44	606 —602	0·45	613 —606	0·74
613 —610	0·48	602 — 598	0·53	606 —602	0·70
610 —602	0·51	598 —595	0·55	602 —598	0·68
602 —598	0·55	595 —589	0·59	598 —591·5	0·70
598 —595	0·53	589 —585·5	0·60	591·5—589	0·74
595 —591·5	0·55	585·5—583	0 66	589 —585·5	0·79
591·5—589	0·62	583 —580	0·74	585·5—583	0·83
589 —585·5	0·64	580 —577·5	0·88	583 —580	0·90
585·5—583	0·66	577·5—574·5	1·03	580 —577·5	0·93
583 —580	0·70	574·5—569	1·09	577·5—574·5	1·03
580 —577·5	0·72	569 —566·5	1·14	574·5—566·5	1·09
577·5—574·5	0·74	566·5—564	1·21	566·5—564	1·11
574·5—572	0·77	564 —559·5	1·27	564 —559·5	1·21
572 —569	0·83	559·5—553·5	1·42	559·5—553·5	1·27
569 —564	0·88	553·5—548·5	1·6	553·5—548·5	1·35
564 —559·5	0·98	548·5—543	1·7	548·5—543	1·42
559·5—553·5	1·03			543 —539	1·60
553·5—548	1·09			539 —534	1·70
548 —543	1·21				
543 —539	1·27				
539 — 534	1·6				
534 —529·5	1·7				

Kurve 15.

Kurve 16.

Kurve 17.

Phaseolus bei $^1/_8$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle					
1 *m*		2 *m*		3 *m*	
704 —697 μμ	0·15	697 —690 μμ	0·51	704 —697 μμ	0·28
697 —690	0·44	690 —684	0·53	697 —690	0·44
690 —684	0·70	684 —678	0·68	690 —684	0·48
684 —678	0·93	678 —673	0·70	684 —678	0·55
678 —667	1·21	673 —667	0·66	678 —667	0·51
667 —663	1·11	667 —663	0·57	667 —663	0·44
663 —658	1·09	663 —653	0·60	663 —658	0·41
658 —653	0·74	653 —648	0·62	658 —653	0·48
653 —648	0·66	648 —643	0·66	653 —648	0·64
648 —643	0·70	643 —639	0·83	648 —643	0·74
643 —639	0·83	639 —633	0·88	643 —639	0·81
639 —633	0·92	633 —630	0·83	639 —633	0·83
633 —627	0·88	630 —627	0·74	633 —630	0·88
627 —622·5	0·93	627 —622·5	0·72	630 —627	0·85
622·5—617·5	0·85	622·5—613	0·70	627 —622·5	0·79
617·5—610	0·74	613 —610	0·68	622·5—617·5	0·68
610 —606	0·70	610 —606	0·66	617·5—606	0·70
606 —602	0·66	606 —595	0·74	606 —602	0·79
602 —598	0·72	595 —589	0·79	602 —598	0·81
598 —595	0·74	589 —585·5	0·80	598 —595	0·83
595 —591·5	0·79	585·5—583	0·83	595 —589	0·88
591·5—589	0·83	583 —580	0·79	589 —585·5	0·93
589 —585·5	0·88	580 —572	0·81	585·5—583	0·98
585·5—580	0·93	572 —566·5	0·93	583 —580	0·95
580 —577·5	0·95	566·5—564	0·95	580 —572	0·98
577·5—572	0·98	564 —559·5	1·06	572 —566·5	1·00
572 —569	1·00	559·5—553·5	1·09	566·5—564	1·06
569 —553·5	1·03	553·5—548·5	1·17	564 —559·5	1·09
553·5—548·5	1·09	548·5—543	1·27	559·5—553·5	1·14
548·5—543	1·17	543 —534	1·42	553·5—548·5	1·24
543 —539	1·27	534 —529	1·51	548·5—543	1·27
539 —534	1·51			543 —539	1·35
534 —529	1·89			539 —534	1·60
Merkliches Ergrünen nach 144 Stunden.		Kein merkliches Ergrünen nach 144 Stunden.			
Kurve 18.		Kurve 19.		Kurve 20.	

Entfernung von der Lichtquelle					
4 m		5 m		6 m	
697 —690 μμ	0·44	690 —684 μμ	0·28	684 —678 μμ	0·28
690 —684	0·43	684 —678·5	0·68	678 —673	0·31
684 —667	0·41	678·5—673	0·66	673 —667	0·35
667 —663	0·44	673 —667	0·62	667 —658	0·37
663 —658	0·51	667 —663	0·68	658 —653	0·48
658 —653	0·55	663 —653	0·70	653 —648	0·62
653 —648	0 62	653 —648	0·77	648 —643	0·70
648 —643	0·72	648 —643	0·83	643 —639	0·74
643 —630	0·74	643 —639	0·88	639 —633	0·93
630 —627	0·72	639 —633	1·03	633 —630	0·98
627 —622·5	0·70	633 —630	1·21	630 —627	0·93
622·5—617	0·68	630 —622·5	1·17	627 —622·5	0·88
617 —613	0·70	622·5—617·5	1·14	622·5—617·5	0·79
613 —610	0·79	617·5—613	1·11	617·5—613	0·74
610 —606	0·83	613 —610	1·09	613 —610	0·68
606 —602	0·85	610 —602	1·06	610 —606	0·70
602 —598	0·70	602 —598	1·03	606 —602	0·79
598 —591·5	0 88	598 —595	1·00	602 —598	0·88
591·5—589	0·95	595 —589	0·98	598 —595	0·93
589 —585·5	0·98	589 —585	1·03	595 —589	0·95
585·5—580	1·00	585·5—577·5	1·09	589 —585·5	0·98
580 —577·5	1·03	577·5—572	1·14	585·5—583	0·93
577·5—572	1·06	572 —569	1·17	583 —580	1·03
572 —566·5	1·09	569 —564	1·21	580 —577·5	1·06
566·5—564	1·14	564 —559·5	1·24	577·5—564	1·09
564 —553·5	1·17	559 —553·5	1·27	564 —553·5	1·14
553·5—548·5	1·21	553·5—543	1·31	553·5 - 548·5	1·17
548·5—543	1·31	543 —539	1·35	548·5—534	1·21
543 —534	1·42	539 —534	1·42	534 —529	1·35
534 —529·5	1·55	534 —529	1·51	529 —525·5	1·51
Kurve 21.		Kurve 22.		Kurve 23.	

Gerste bei $^1/_4$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle								
1 *m*			2 *m*			3 *m*		
704 —697 μμ	1·21		697 —690 μμ	0·15		704 —697 μμ	0·34	
697 —690	1·27		690 —684	0·40		697 —690	0·37	
690 —684	1·60		684 —678	0·74		690 —684	0·62	
684 —658	∞		678 —673	1·02		684 —678	0·83	
658 —653	1·96		673 —667	1·34		678 —673	0·93	
653 —648	1·46		667 —663	1·42		673 —667	0·90	
648 —643	1·35		663 —658	1·30		667 —663	0·85	
643 —633	1·24		658 —653	1·00		663 —658	0·74	
633 —630	1·21		653 —648	0·85		658 —653	0·70	
630 —627	1·38		648 —643	0·64		653 —648	0·66	
627 —625·5	1·46		643 —639	0·66		648 —643	0·68	
625·5—617·5	1·55		639 —633	0·74		643 —639	0·74	
617·5—610	1·60		633 —630	0·72		639 —633	0·90	
610 —606	1·50		630 —627	0·70		633 —630	0·88	
606 —602	1·46		627 —622·5	0·72		630 —627	0·85	
602 —595	1·21		622·5—617·5	0·74		627 —622·5	0·87	
595 —591·5	1·86		617·5—613	0·83		622·5—617·5	0·85	
591·5—589	1·14		613 —610	0·88		617·5—613	0·87	
589 —585·5	1·17		610 —606	0·90		613 —610	0·95	
585·5—577·5	1·20		606 —602	0·78		610 —606	0·97	
577·5—574·5	1·27		602 —598	0·73		606 —598	0·93	
574·5—572	1·35		598 —591·5	0·70		598 —595	0·95	
572 —569	1·51		591·5—589	0·74		595 —589	1·03	
569 —566·5	1·60		589 —585·5	0·83		589 —585·5	1·06	
566·5—564	1·70		585·5—580	0·85		585·5—583	1·09	
564 —559·5	1·82		580 —577·5	0·90		583 —577·5	1·14	
559·5—553·5	2·12		577·5—574·5	0·93		577·5—574·5	1·21	
553·5—548·5	2·31		574·5—572	1·00		574·5—572	1·27	
			572 —569	1·03		572 —569	1·46	
			569 —566·5	1·06		569 —566·5	1·42	
			566·5—564	1·09		566·5—564	1·46	
Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.			564 —559·5	1·14		564 —559·5	1·51	
			559·5—553·5	1·27		559·5—553·5	1·55	
			553·5—548·5	1·35		553·5—548·5	1·96	
Kurve 24.			548·5 – 543	1·60		548·5—543	2·31	
			543 —539	1·97				
			539 —534	2·12		Sehr schwaches Ergrünen nach 144 Stunden.		
			534 —529	2·31				
			Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.			Kurve 26.		
			Kurve 25.					

Entfernung von der Lichtquelle								
4 m			5 m			6 m		
704	—697 μμ	0·28	704	—697 μμ	0·15	690	—684 μμ	0·21
697	—690	0·21	697	—690	0·17	684	—678	0·24
690	—684	0·25	690	—684	0·25	678	—673	0·37
684	—678	0·44	684	—678	0·36	673	—667	0·33
678	—673	0·59	678	—673	0·41	667	—663	0·34
673	—667	0·55	673	—667	0·44	663	—658	0·37
667	—663	0·51	667	—663	0·39	658	—653	0·41
663	—658	0·39	663	—658	0·37	651	—648	0·44
658	—653	0·41	658	—653	0·41	648	—643	0·51
653	—648	0·57	653	—648	0·58	643	—639	0·62
648	—643	0·62	648	—643	0·74	639	—633	0·83
643	—639	0·70	643	—639	0·79	633	—630	0·88
639	—633	0·74	639	—633	0·90	630	—627	0·85
633	—630	0·78	633	—630	0·93	627	—622·5	0·72
630	—627	0·72	630	—627	0·79	622·5	—617·5	0·70
627	—622·5	0·70	627	—622·5	0·70	617·5	—613	0·68
622·5	—617·5	0·66	622·5	—617·5	0·74	613	—610	0·74
617·5	—613	0·68	617·5	—613	0·78	610	—602	0·77
613	—610	0·74	613	—606	0·83	602	—598	0·88
610	—606	0·77	606	—602	0·93	598	—595	0·93
606	—602	0·74	602	—595	0·98	595	—591·5	0·98
602	—598	0·78	595	—591·5	1·00	591·5	—589	1·00
598	—595	0·85	591·5	—589	1·09	589	—585·5	1·03
595	—591·5	0·93	589	—585·5	1·11	585·5	—580	1·06
591·5	—589	0·95	585·5	—583	1·17	580	—577·5	1·11
589	—583	1·03	583	—580	1·20	577·5	—572	1·21
583	—580	1·09	580	—577·5	1·24	572	—566·2	1·24
580	—577·5	1·14	577·5	—574·5	1·27	566·2	—564	1·27
577·5	—566·5	1·21	574·5	—569	1·31	564	—559·5	1·24
566·5	—564	1·22	569	—564	1·35	559·5	—553·5	1·27
564	—559	1·24	564	—559	1·42	553·5	—548·5	1·31
559	—553·5	1·27	559	—553·5	1·51	548·5	—543	1·38
553·5	—548·5	1·35	553·5	—548·5	1·60	543	—539	1·60
548·5	—543	1·51	548·5	—543	1·82	539	—534	1·82
543	—539	1·96	543	—539	1·96			
539	—534	2·12	539	—534	2·03			
Kein Ergrünen nach 144 Stunden. Kurve 27.			Kurve 28.			Kurve 29.		

Lepidium bei $^1/_4$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle					
1 *m*		2 *m*		3 *m*	
704 —697 μμ	0·25	704 —697 μμ	0·34	704 —697 μμ	0·33
697 —690	1·21	697 —690	0·41	697 —690	0·37
690 —684	1·55	690 —684	0·83	690 —684	0·59
684 —678	2·56	684 —678	2·12	684 —678	0·83
678 —658	∞	678 —667	∞	678 —673	1·21
658 —653	2·31	667 —663	4·12	673 —667	1·31
653 —648	2·12	663 —658	1·87	667 —663	1·11
648 —642	2·03	658 —653	1·27	663 —658	0·98
642 —630	1·96	653 —648	1·08	658 —653	0·83
630 —627	2·12	648 —643	1·03	653 —648	0·70
627 —622·5	2·08	643 —639	1·06	648 —643	0·93
622·5—617·5	2·03	639 —633	1·24	643 —639	1·00
617·5—613	1·96	633 —630	1·27	639 —633	1·17
613 —610	1·89	630 —627	1·24	633 —630	1·24
610 —606	1·82	627 —625·5	1·21	630 —627	1·21
606 —602	1·70	625·5—617·5	1·17	627 —622·5	1·09
602 —598	1·65	617·5—613	1·11	622·5—617·5	1·03
598 —595	1·55	613 —606	1·15	617·5—613	1·00
595 —589	1·60	606 —602	1·00	613 —610	0·95
589 —583	1·64	602 —598	0·95	610 —606	0·77
583 —580	1·69	598 —595	0·93	606 —602	0·88
580 —572	1·70	595 —591·5	0·95	602 —598	0·90
572 —569	1·76	591·5—589	0·98	598 —595	0·93
569 —566·5	1·89	589 —585·5	1·03	595 —591·5	0·98
566·5—559·5	1·96	585·5—583	1·00	591·5—589	1·00
559·5—553·5	2·12	583 —580	1·03	589 —583	1·06
		580 —577·5	1·14	583 —580	1·17
		577·5—574·5	1·21	580 —574·5	1·24
		574·5—569	1·27	574·5—569	1·27
		569 —566·5	1·31	569 —566·5	1·38
		566·5—564	1·35	566·5—564	1·42
		564 —559·5	1·46	564 —559·5	1·60
		559·5—553·5	1·76	559·5—553·5	1·70
		553·5—548·5	2·03	553·5—548·5	2·03
		548·5—543	2·91	548·5—543	2·21
Deutlich wahrnehmbares Ergrünen nach 144 Stunden.		Deutlich wahrnehmbares Ergrünen nach 144 Stunden.		Ganz schwaches Ergrünen nach 144 Stunden.	
Kurve 30.		Kurve 31.		Kurve 32.	

Entfernung von der Lichtquelle					
4 *m*		5 *m*		6 *m*	
704 —697 μμ	0·51	704 —697 μμ	0·31	704 —697 μμ	0·12
697 —690	0·59	697 —690	0·33	697 —690	0·25
690 —684	0·70	690 —684	0·44	690 —684	0·31
684 —678	0·85	684 —678	0·70	684 —678	0·36
678 —673	0·98	678 —673	0·85	678 —673	0·59
673 —667	1·03	673 —667	0·90	673 —667	0·60
667 —663	0·98	667 —663	0·88	667 —663	0·55
663 —658	0·88	663 —658	0·74	663 —658	0·49
658 —653	0·85	658 —653	0·70	658 —653	0·51
653 —648	0·93	653 —648	0·79	653 —648	0·59
648 —643	1·14	648 —643	1·00	648 —643	0·90
643 —639	1·24	643 —639	1·27	643 —639	1·09
639 —633	1·27	639 —633	1·51	639 —633	1·42
633 —630	1·46	633 —630	1·60	633 —630	1·46
630 —627	1·42	630 —627	1·42	630 —627	1·24
627 —622·5	1·35	627 —622·5	1·35	627 —622·5	1·21
622·5—617·5	1·24	622·5—617·5	1·24	622·5—617·5	1·11
617·5—613	1·17	617·5—613	1·21	617·5—613	1·09
613 —610	1·20	613 —598	1·03	613 —610	0·88
610 —602	1·17	598 —595	0·98	610 —606	0·83
602 —598	1·21	595 —591·5	1·00	606 —602	0·70
598 —595	1·24	591·5—589	1·09	602 —598	0·72
595 —589	1·27	589 —585·5	1·11	598 —595	0·77
589 —583	1·35	585·5—583	1·14	595 —591·5	0·79
583 —580	1·46	583 —580	1·24	591·5—589	0·90
580 —577·5	1·51	580 —574·5	1·31	589 —585·5	1·00
577·5—574·5	1·55	574·5—572	1·46	585·5—583	1·03
574·5—572	1·60	572 —569	1·51	583 —580	1·11
572 —564	1·70	569 —566·5	1·53	580 —577·5	1·17
564 —559·5	1·76	566·5—564	1·60	577·5—572	1·21
559·5—553·5	1·82	564 —559·5	1·65	572 —569	1·27
553·5—548·5	1·89	559·5—553·5	1·70	569 —564	1·38
548·5—543	2·12	553·5—548·5	1·82	564 —559	1·51
543 —539	2·31	548·5—541	2·21	559 —553·5	1·70
				553·5—548·5	1·89
				548·5—543	2·12
Kein sichtbares Ergrünen nach 144 Stunden.					
Kurve 33.		Kurve 34.		Kurve 35.	

Cucurbita bei $^1/_4$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle					
1 *m*		2 *m*		3 *m*	
704 —697 μμ	0·66	697 —690 μμ	0·15	697 —690 μμ	0·21
697 —684	0·82	690 —684	0·23	690 —684	0·24
684 —678	1·08	684 —678	0·37	684 —678	0·41
678 —673	1·51	678 —673	0·79	678 —673	0·44
673 —667	1·60	673 —667	0·81	673 —667	0·41
667 —663	1·70	667 —663	0·62	667 —663	0·34
663 —658	1·55	663 —658	0·48	663 —658	0·33
658 —653	1·21	658 —653	0·44	658 —653	0·20
653 —648	1·00	653 —648	0·34	653 – 648	0·21
648 —643	0·79	648 —643	0·34	648 —643	0·25
643 —639	0·90	643 —639	0·37	643 —639	0·26
639 —630	0·93	639 —633	0·39	639 —633	0·34
630 —627	0·95	633 —630	0·41	633 —630	0·44
627 —622·5	0·88	630 —627	0·37	630 —627	0·40
622·5—613	0·93	627 —622·5	0·31	627 —622·5	0·36
613 —610	0·90	622·5—617·5	0·44	622·5—617·5	0·28
610 —606	0·85	617·5—610	0·42	617·5—613	0·34
606 —595	0·88	610 —606	0·41	613 —610	0·37
595 —589	0·83	606 —602	0·44	610 —606	0·36
589 —585·5	0·88	602 —598	0·51	606 —598	0·34
585·5—583	0·95	598 —591·5	0·55	598 —595	0·41
583 —580	0·97	591·5—589	0·57	595 —589	0·48
580 —577·5	1·09	589 —585·5	0·59	589 —585·5	0·51
577·5—574·5	1·11	585·5—583	0·66	585·5—583	0·62
574·5—572	1·14	583 —580	0·70	583 —580	0·66
572 —569	1·17	580 —577·5	0·72	580 —574·5	0·70
569 —564	1·21	577·5—572	0·74	574·5—572	0·74
564 —559	1·27	572 —569	0·79	572 —569	0·85
559 —553·5	1·51	569 —566·5	0·88	569 —566·5	0·90
553·5—548·5	1·60	566·5—564	0·90	566·5—564	0·95
548·5—543	1·70	564 —559·5	1·17	564 —559·5	0·98
543 —539	1·96	559·5—553·5	1·42	559·5—553·5	1·11
539 —534	2·03	553·5—548	1·51	553·5—548	1·34
		548 —543	1·60	548 —543	1·46
				543 —539	1·60
Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.		Sehr schwaches Ergrünen nach 144 St.		Kein Ergrünen nach 144 Stunden.	
Kurve 36.		Kurve 37.		Kurve 38.	

Entfernung von der Lichtquelle					
4 *m*		5 *m*		6 *m*	
697 —699 μμ	0·09	697 —690 μμ	0·09	697 —690 μμ	0·06
690 —684	0·15	690 —684	0·00	690 —684	0·00
684 —678	0·28	684 —678	0·03	684 —678	0·03
678 —673	0·33	678 —673	0·08	678 —673	0·05
673 —667	0·34	673 —667	0·12	673 —667	0·06
667 —663	0·31	667 —663	0·08	667 —663	0·02
663 —658	0·29	663 —658	0·09	663 —658	0·08
658 —653	0·28	658 —653	0·11	658 —653	0·15
653 —648	0·25	653 —648	0·14	653 —648	0·20
648 —643	0·18	648 —643	0·15	648 —643	0·21
643 —639	0·28	643 —639	0·17	643 —639	0·25
639 —633	0·37	639 —633	0·21	639 —633	0·34
633 —630	0·51	633 —630	0·28	633 —630	0·37
630 —627	0·48	630 —627	0·24	630 —627	0·36
627 —622·5	0·41	627 —622·5	0·23	627 —622·5	0·34
622·5—617·5	0·40	622·5—617·5	0·15	622·5—617	0·32
617·5—613	0·42	617·5—613	0·06	617 —613	0·29
613 —606	0·48	613 —610	0·12	613 —610	0·31
606 —602	0·55	610 —606	0·21	610 —602	0·39
602 —598	0·60	606 —602	0·28	602 —598	0·41
598 —595	0·62	602 —598	0·31	598 —595	0·46
595 —591·5	0·60	598 —585·5	0·33	595 —591·5	0·53
591·5—589	0·66	585·5—577·5	0·34	591·5—585·5	0·59
589 —585·5	0·70	577·5—574·5	0·36	585·5—583	0·62
585·5—583	0·74	574·5—572	0·41	583 —580	0·70
583 —580	0·85	572 —569	0·48	580 —577·5	0·74
580 —577·5	0·88	569 —564	0·51	577·5—572	0·79
577·5—574·5	0·90	564 —559·5	0·70	572 —569	0·83
574·5—572	0·93	559·5—553·5	0·83	569 —566·5	0·85
572 —569	0·98	553·5—548·5	1·09	566·5—564	0·88
569 —566	1·06	548·5—543	1·24	564 —559·5	0·93
566 —564	1·09	543 —539	1·46	559·5—553·5	1·17
564 —559	1·14			553·5—548	1·24
559 —553·5	1·21			548 —543	1·27
553·5—548	1·46			543 —539	1·51
548 —543	1·82			539 —534	1·70
Kurve 39.		Kurve 40.		Kurve 41.	

Phaseolus bei $^1/_4$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle					
1 *m*		2 *m*		3 *m*	
697 —690 μμ	0·48	690 —684 μμ	0·31	690 —684 μμ	0·00
690 —684	0·77	684 —678	0·28	684 —678	0·02
684 —678	1·09	678 —673	0·41	678 —673	0·03
678 —673	1·14	673 —667	0·39	673 —667	0·08
673 —667	1·06	667 —663	0·31	667 —663	0·09
667 —663	0·98	663 —658	0·28	663 —658	0·06
663 —658	0·74	658 —653	0·26	658 —653	0·03
658 —653	0·48	653 —648	0·31	653 —648	0·05
653 —648	0·51	648 —643	0·33	648 —643	0·06
648 —643	0·49	643 —639	0·34	643 —639	0·09
643 —627	0·51	639 —633	0·37	639 —633	0·11
627 —622·5	0·53	633 —630	0·41	633 —630	0·18
622·5—617·5	0·51	630 —627	0·36	630 —627	0·25
617·5—610	0·62	627 —622·5	0·37	627 —622·5	0·23
610 —606	0·59	622·5—617·5	0·28	622·5—617·5	0·14
606 —602	0·53	617·5—613	0·31	617·5—613	0·12
602 —598	0·55	613 —610	0·25	613 —610	0·15
598 —595	0·59	610 —606	0·21	610 —606	0·21
595 —591·5	0·62	606 —602	0·20	606 —602	0·18
591·5—589	0·66	602 —595	0·21	602 —598	0·15
589 —583	0·70	595 —591·5	0·31	598 —595	0·28
583 —580	0·74	591·5—589	0·34	595 —591·5	0·29
580 —569	0·77	589 —585·5	0·37	591·5—585·5	0·34
569 —564	0·79	585·5—583	0·41	585·5—580	0·37
564 —559·5	0·88	583 —580	0·46	580 —574	0·40
559·5—553·5	0·93	580 —577·5	0·55	574 —569	0·41
553·5—548·5	1·03	577·5—574·5	0·57	569 —564	0·42
548·5—543	1·14	574·5—569	0·66	564 —559·5	0·46
543 —539	1·21	569 —564	0·68	559·5—553·5	0·48
539 —534	1·24	564 —559·5	0·70	553·5—548	0·55
		559·5—548	0·72	548 —543	0·60
		548 —543	0·74	543 —539	0·62
		543 —589	0·77	539 —534	0·68
Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.		Sehr schwaches Ergrünen nach 144 St.		Kein Ergrünen nach 144 Stunden.	
Kurve 42.		Kurve 43.		Kurve 44.	

Entfernung von der Lichtquelle					
4 m		5 m		6 m	
697 —690 μμ	0·18	697 —690 μμ	0·21	697 —690 μμ	0·18
690 —684	0·09	690 —684	0·03	690 —684	0·00
684 —678	0·12	684 —678	0·05	684 —678	0·03
678 —667	0·15	678 —673	0·05	678 —667	0·04
667 —663	0·13	673 —667	0·06	667 —639	0·06
663 —658	0·09	667 —648	0·03	639 —633	0·21
658 —653	0·17	648 —643	0·00	633 —630	0·26
653 —633	0·18	643 —639	0·02	630 —627	0·25
633 —630	0·34	639 —633	0·15	627 —622·5	0·31
630 —627	0·24	633 —630	0·25	622·5—617·5	0·29
627 —622·5	0·23	630 —627	0·18	617·5—613	0·23
622·5—617·5	0·25	627 —622·5	0·17	613 —610	0·18
617·5—613	0·29	622·5—617·5	0·06	610 —606	0·17
613 —610	0·31	617·5—613	0·09	606 —602	0·12
610 —606	0·34	613 —610	0·15	602 —598	0·09
606 —602	0·35	610 —606	0·20	598 —595	0·12
602 —598	0·48	606 —602	0·21	595 —591·5	0·17
598 —595	0·44	602 —598	0·25	591·5—589	0·18
595 —591·5	0·42	598 —595	0·26	589 —585·5	0·23
591·5—589	0·37	595 —591·5	0·21	585·5—583	0·28
589 —585·5	0·39	591·5—589	0·25	583 —580	0·31
585·5—583	0·44	589 —585·5	0·26	580 —577·5	0·34
583 —580	0·51	585·5—583	0·31	577·5 - 574	0·39
580 —577·5	0·55	583 —577·5	0·34	574 —572	0·37
577·5—572·5	0·57	577·5—574·5	0·39	572 —569	0·39
572·5—566·5	0·57	574·5—572	0·41	569 —564	0·44
566·5—564	0·59	572 —569	0·43	564 —559·5	0·48
564 —559·5	0·60	569 —564	0·44	559·5—553·5	0·55
559·5 – 553·5	0·62	564 —559·5	0·46	553·5—548·5	0·57
553·5—548·5	0·66	559·5 – 553·5	0·51	548·5—543	0·59
548·5—543	0·70	553·5—548	0·55	543 —539	0·64
		548 —543	0·59	539 —533	0·70
		543 —539	0·62		
		539 —534	0·66		
Kurve 45.		Kurve 46.		(*)	

(*) Bei diesem Versuche erscheinen die Absorptionen dem stark brechbaren Teile zugerückt. Es kommt dies von der geringen Konzentration des gelösten Farbstoffes. Parallelversuche zeigten die Intensitäts- und Ortsverhältnisse viel entsprechender. Allein es schien nicht gestattet, einen besser gelungenen Versuch in diese Versuchsreihe einzuschieben. — Die Kurve ist nicht eingezeichnet.

Gerste bei $^1/_2$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle								
1 *m*			2 *m*			3 *m*		
704 —697 μμ	0·48		704 —697 μμ	0·46		697 —690 μμ	0·44	
697 —690	1·02		697 —690	0·59		690 —684	0·34	
690 —684	1·35		690 —684	0·85		684 —678	0·66	
684 —648	∞		684 —678	1·42		678 —673	0·97	
648 —643	2·72		678 —663	∞		673 —667	1·82	
643 —633	2·56		663 —658	2·91		667 — 663	2·31	
633 —630	2·12		658 —653	1·82		663 —658	1·76	
630 —627	2·10		653 —648	1·42		658 —653	1·51	
627 —622·5	2·31		648 —643	1·35		653 —648	1·14	
622·5—617·5	2·56		643 —639	1·21		648 —643	0·83	
617·5—613·5	3·52		639 —630	1·14		643 —639	0·79	
613·5—610	∞		630 —627	1·09		639 —633	0·85	
610 —606	4·12		627 —622·5	1·03		633 —630	0·97	
606 —602	3·16		622·5—617·5	1·00		630 —622·5	0·83	
602 —598	2·43		617·5—613	1·09		622·5—617·5	0·70	
598 —595	2·31		613 —610	1·14		617·5—613	0·88	
595 —591·5	1·82		610 —606	1·03		613 —610	1·08	
591·5—589	1·70		606 —602	1·09		610 —606	1·03	
589 —585·5	1·51		602 — 598	0·98		606 —602	0·98	
585·5—580	1·46		598 —595	0·95		602 —598	0·95	
580 —577·5	1·60		595 —591·5	0·92		598 —595	0·83	
577·5—574·5	1·65		591·5—585·5	0·83		595 —591·5	0·81	
574·5—572	1·82		585·5—583	0·79		591·5—589	0·70	
572 —569	1·89		583 —580	0·88		589 —585·5	0·79	
569 —566·5	1·96		580 —574·5	0·93		585·5—583	0·83	
566·5—564	2·12		574·5—572	0·95		583 —580	0·85	
564 —559·5	2·30		572 —569	1·09		580 —577·5	0·93	
559·5—553·5	2·91		569 —566·5	1·21		577·5—572	0·98	
553·5—548·5	4·12		566·5—564	1·27		572 —569	1·00	
			564 —559·5	1·42		569 —566·5	1·03	
Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.			559·5—553·5	1·60		566·5—564	1·11	
			553·5—548·5	1·82		564 —559·5	1·14	
Kurve 47.			548·5—543	2·12		559·5—553·5	1·21	
			543 —539	2·30		553·5—548	1·35	
			539 —534	2·91		548 —543	1·60	
						543 —539	1·70	
(*) Schwaches Ergrünen nach 144 Stunden.			Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.			539 —534	1·82	
						534 —529	2·56	
Kurve 49.			Kurve 48.			(*)		

Entfernung von der Lichtquelle								
4 *m*			5 *m*			6 *m*		
690 —684 μμ	0·21		690 —684 μμ	0·15		697 —690 μμ	0·31	
684 —678	0·37		684 —678	0·28		690 —684	0·15	
678 —673	0·70		678 —673	0·49		684 —678	0·18	
673 —667	0·93		673 —667	0·54		678 —673	0·48	
667 —663	1·09		667 —663	0·51		673 —667	0·51	
663 —658	0·98		663 —658	0·48		667 —663	0·34	
658 —653	0·90		658 —653	0·41		663 —653	0·31	
653 —648	0·66		653 —648	0·28		653 —648	0·37	
648 —643	0·51		648 —643	0·37		648 —643	0·39	
643 —639	0·44		643 —639	0·44		643 —639	0·40	
639 —633	0·53		639 —633	0·51		639 —633	0·73	
633 —630	0·64		633 —630	0·64		633 —630	0·81	
630 —627	0·62		630 —627	0·60		630 —617·5	0·74	
627 —622·5	0·60		627 —622·5	0·62		617·5—613	0·66	
622·5—617·5	0·53		622·5—617·5	0·51		613 —610	0·51	
617·5—613	0·51		617·5—613	0·48		610 —606	0·44	
613 —610	0·59		613 —610	0·44		606 —602	0·51	
610 —606	0·62		610 —606	0·46		602 —598	0·53	
606 —602	0·60		606 —595	0·48		598 —595	0·62	
602 —591·5	0·59		595 —589	0·51		595 —591·5	0·66	
591·5—589	0·62		589 —585·5	0·55		591·5—589	0·62	
589 —583	0·66		585·5—583	0·62		589 —585·5	0·64	
583 —577·5	0·79		583 —580	0·70		585·5—583	0·68	
577·5—569	0·83		580 —574·5	0·72		583 —580	0·72	
569 —564	0·88		574·5—572	0·82		580 —577·5	0·74	
564 —559·5	0·92		572 —569	0·90		577·5—574·5	0·83	
559·5—553·5	0·98		569 —565·5	0·93		574·5—572	0·90	
553·5—548	1·09		565·5—564	0·98		572 —569	0·93	
548 —543	1·11		564 —559·5	1·00		569 —566·5	1·00	
543 —539	1·38		559·5—553·5	1·03		566·5—564	1·02	
539 —534	1·60		553·5—548·5	1·09		564 —559·5	1·09	
534 —529·5	1·89		548·5—543	1·27		559·5—553·5	1·14	
529·5—525·5	2·12		543 —539	1·51		553·5—548·5	1·24	
525·5—521	2·91		539 —534	1·60		548·5—543	1·34	
521 —516·5	3·16		534 —529·5	1·65		543 —539	1·42	
			529·5—525·5	1·96		539 —534	1·51	
Kein Ergrünen nach 144 Stunden.			525·5—521	2·12		534 —529·5	1·56	
						529·5—525·5	1·76	
Kurve 50.			Kurve 51.			Kurve 52.		

Lepidium bei $^1/_2$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle

1 m		2 m		3 m	
704 —697 μμ	1·11	704 —697 μμ	0·55	697 —690 μμ	0·51
697 —690	1·51	697 —690	0·79	690 —684	0·41
690 —577·5	∞	690 —684	0·88	684 —678	0·54
577·5—574·5	3·16	684 —678	1·65	678 —673	0·70
574·5—572	2·56	678 —653	∞	673 —667	0·83
572 —569	2·72	653 —648	1·42	667 —663	1·14
569 —566·5	2·91	648 —643	1·24	663 —658	1·55
566·5—564	4·12	643 —639	1·21	658 —653	1·46
		639 —630	1·24	653 —648	1·24
		630 —627	1·31	648 —643	0·98
Endabsorption. Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.		627 —622·5	1·38	643 —639	0·83
		622·5—617·5	1·46	639 —633	0·70
		617·5—613	1·27	633 —630	0·74
		613 —610	1·21	630 —622·5	0·85
Kurve 53.		610 —598	1·11	622·5—617·5	0·87
		598 —591·5	1·10	617·5—610	0·90
		591·5—585·5	1·09	610 —606	0·88
		585·5—583	1·03	606 —602	0·79
		583 —580	1·08	602 —598	0·70
		580 —574·5	1·14	598 —595	0·68
		574·5—572	1·21	595 —591·5	0·62
		572 —569	1·23	591·5—585·5	0·66
		569 —561	1·27	585·5 - 580	0·74
		561 —556	1·42	580 —574·5	0·88
		556 —551	1·51	574·5—572	0·85
		551 —548·5	1·65	572 —569	0·88
		548·5—546	1·70	569 —566·5	0·98
		546 —543	1·82	566·5—564	1·00
		543 —541	2·11	564 —559·5	1·03
		541 —539	2·56	559·5—553·5	1·21
				553·5—548·5	1·46
				548·5—543	1·51
		Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.		543 —539	1·60
				539 —534	1·82
		Kurve 54.		534 —527	2·56
				Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.	
				Kurve 55.	

Entfernung von der Lichtquelle					
4 *m*		5 *m*		6 *m*	
697 —690 μμ	0·09	697 —690 μμ	0·34	697 —690 μμ	0·34
690 —684	0·46	690 —684	0·48	690 —684	0·41
684 —678	0·51	684 —678	0·70	684 —678	0·48
678 —673	0·74	678 —673	0·88	678 —673	0·51
673 —667	0·83	673 —667	0·98	673 —667	0·83
667 —663	0·95	667 —663	1·02	667 —663	0·62
663 —658	1·00	663 —658	1·00	663 —658	0·60
658 —653	0·66	658 —653	0·62	658 —653	0·51
653 —648	0·51	653 —648	0·51	653 —648	0·62
648 —639	0·55	648 —643	0·70	648 —643	0·55
639 —633	0·62	643 —639	0·81	643 —639	0·62
633 —630	0·88	639 —633	0·88	639 —633	0·83
630 —627	0·83	633 —630	1·03	633 —630	0·85
627 —622·5	0·70	630 —627	0·90	630 —627	0·97
622·5—617·5	0·64	627 —622·5	0·93	627 —622·5	0·83
617·5—613	0·59	622·5—617·5	0·88	622·5—617·5	0·81
613 —610	0·66	617·5—613	0·85	617·5—613	0·79
610 —602	0·55	613 —610	0·79	613 —610	0·70
602 —591·5	0·62	610 —606	0·77	610 —606	0·66
591·5—589	0·66	606 —602	0·81	606 —602	0·74
589 —585·5	0·74	602 —598	0·81	602 —598	0·72
585·5—583	0·79	598 —595	0·93	598 —595	0·88
583 —580	0·85	595 —589	0·98	595 —591·5	0·90
580 —577·5	0·88	589 —585·5	1·00	591·5—589	0·98
577·5—574·5	0·93	585·5—583	1·08	589 —585	0·93
574·5—572	0·97	583 —580	1·11	585 —583	0·95
572 —569	1·02	580 —577·5	1·14	583 —580	0·98
569 —566·5	1·06	577·5—574·5	1·17	580 —577·5	1·03
566·5—564	1·09	574·5—572	1·21	577·5—574·5	1·06
564 —559·5	1·34	572 —564	1·27	574·5—572	1·09
559·5—553·5	1·42	564 —559·5	1·42	572 —564	1·11
553·5—548·5	1·60	559·5—553·5	1·60	564 —559·5	1·08
548·5—543	1·82	553·5—548·5	1·82	559·5—553·5	1·21
543 —539	2·56	548·5—541	2·12	553·5—548·5	1·27
Sehr schwaches Ergrünen nach 144 St.		Kein deutl. Ergrünen nach 144 Stunden.		Kein Ergrünen nach 144 Stunden.	
Kurve 56.		Kurve 57.		Kurve 58.	

Cucurbita bei $^1/_2$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle								
1 *m*			2 *m*			3 *m*		
704 —697 μμ	0·25		704 —697 μμ	0·31		697 —690 μμ	0·12	
697 —690	0·31		697 —690	0·32		690 —684	0·48	
690 —684	0·66		690 —684	0·34		684 —678	0·83	
684 —678	1·55		684 —678	0·59		678 —673	1·14	
678 —637	∞		678 —673	1·70		673 —667	1·09	
637 —633	1·60		673 —667	1·89		667 —663	0·77	
633 —630	1·50		667 —663	1·60		663 —658	0·57	
630 —627	1·46		663 —658	1·51		658 —653	0·36	
627 —613	1·42		658 —653	1·09		653 —643	0·37	
613 —610	1·51		653 —648	1·03		643 —639	0·41	
610 —606	1·60		648 —643	0·98		639 —633	0·57	
606 —602	1·70		643 —639	0·88		633 —630	0·59	
602 —598	1·65		639 —633	0·98		630 —627	0·55	
598 —595	1·60		633 —630	1·00		627 —622·5	0·48	
595 —591·5	1·55		630 —613	0·88		622·5—617·5	0·44	
591·5—589	1·42		613 —610	0·93		617·5—613	0·46	
589 —585·5	1·21		610 —606	0·90		613 —610	0·48	
585·5—583	1·11		606 —602	0·88		610 —606	0·49	
583 —580	1·09		602 —598	0·83		606 —602	0·48	
580 —572	1·11		598 —595	0·81		602 —598	0·44	
572 —569	1·21		595 —591·5	0·70		598 —591·5	0·37	
569 —566·5	1·17		591·5—589	0·66		591·5—589	0·40	
566·5—564	1·09		589 —585·5	0·72		589 —580	0·53	
564 —559	1·11		585·5—572	0·74		580 —577·5	0·64	
559 —553·5	1·21		572 —566·5	0·79		577·5—569	0·66	
553·5—548	1·27		566·5—564	0·88		569 —564	0·68	
548 —543	1·65		564 —559	0·97		564 —559	0·77	
543 —539	1·70		559 —553·5	1·09		559 —553·5	0·88	
539 —534	2·12		553·5—548·5	1·21		553·5—548	1·00	
534 —529·5	2·72		548·5—543	1·27		548 —543	1·11	
			543 —539	1·46		543 —539	1·24	
			539 —534	1·55		539 —534	1·31	
			534 —529·5	1·65		534 —529·5	1·42	
						529·5—525·5	1·51	
						525·5—521	1·96	
Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.			Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.			Sehr schwaches Ergrünen nach 144 St.		
Kurve 59.			Kurve 60.			Kurve 61.		

Entfernung von der Lichtquelle					
4 *m*		5 *m*		6 *m*	
697 —690 μμ	0·18	697 —690 μμ	0·18	697 —690 μμ	0·24
690 —684	0·25	690 —684	0·26	690 —684	0·34
684 —678	0·35	684 —678	0·28	684 —678	0·46
678 —673	0·66	678 —673	0·41	678 —667	0·62
673 —667	0·70	673 —667	0·48	667 —663	0·51
667 —663	0·68	667 —663	0·44	663 —653	0·48
663 —658	0·51	663 —658	0·21	653 —648	0·37
658 —653	0·41	658 —653	0·25	648 —639	0·41
653 —648	0·34	653 —648	0·21	639 —633	0·48
648 —639	0·37	648 —643	0·28	633 —630	0·66
639 —633	0·41	643 —639	0·31	630 —627	0·62
633 —630	0·62	639 —633	0·37	627 —622·5	0·51
630 —627	0·51	633 —630	0·48	622·5—617·5	0·48
627 —622·5	0·44	630 —622·5	0·34	617·5—610	0·31
622·5—617·5	0·46	622·5—617·5	0·15	610 —602	0·34
617·5—613	0·37	617·5—613	0·18	602 —598	0·41
613 —602	0·49	613 —610	0·23	598 —595	0·44
602 —598	0·55	610 —606	0·28	595 —591·5	0·48
598 —591·5	0·51	606 —602	0·31	591·5—589	0·49
591·5—583	0·55	602 —589	0·34	589 —583	0·62
583 —580	0·59	589 —583	0·41	583 —580	0·66
580 —574·5	0·64	583 —580	0·44	580 —577·5	0·68
574·5—564	0·66	580 —577·5	0·55	577·5—574·5	0·70
564 —559	0·79	577·5—574·5	0·62	574·5—569	0·74
559 —553·5	0·93	577·5—564	0·66	569 —564	0·77
553·5—548·5	0·98	564 —559	0·74	564 —559	0·81
548·5—543	1·00	559 —553·5	0·83	559 —553	0·88
543 —539	1·14	553·5—548	0·88	553 —548	0·93
539 —534	1·21	548 —543	0·98	548 —543	0·98
534 —529·5	1·27	543 —539	1·14		
529·5—521	1·55	539 —534	1·34		
521 —516	1·70	534 —529	1·46		
		529 —525·5	1·51		
Kein Ergrünen nach 144 Stunden.				Kurve 64.	
Kurve 62.		Kurve 63.			

Phaseolus bei $^1/_2$-Normalkerze.

Entfernung von der Lichtquelle								
1 m			2 m			3 m		
690 —684 μμ	0·48		690 —684 μμ	0·25		690 —684 μμ	0·06	
684 —678	0·81		684 —678	0·29		684 —678	0·34	
678 —653	∞		678 —673	0·34		678 —673	0·59	
653 —648	2·56		673 —667	0·55		673 —667	0·53	
648 —643	1·34		667 —658	0·88		667 —663	0·34	
643 —639	1·14		658 —653	0·98		663 —658	0·24	
639 —630	1·11		653 —648	0·74		658 —648	0·23	
630 —622·5	1·27		648 —643	0·51		648 —643	0·21	
622·5—613	1·24		643 —639	0·48		643 —639	0·34	
613 —606	1·21		639 —633	0·54		639 —633	0·36	
606 —602	1·17		633 —630	0·66		633 —630	0·37	
602 —598	1·14		630 —627	0·59		630 —627	0·21	
598 —595	0·95		627 —617·5	0·55		627 —622·5	0·25	
595 —589	0·98		617·5—613	0·41		622·5—617·5	0·28	
589 —577·5	0·93		613 —610	0·37		617·5—610	0·29	
577·5—569	0·98		610 —606	0·51		610 —602	0·31	
569 —566·5	1·03		606 —598	0·49		602 —595	0·34	
566·5—551	0·97		598 —589	0·37		595 —585	0·37	
551 —548·5	1·00		589 —585·5	0·41		585 —580	0·48	
548·5—546	1·17		585·5—577·5	0·48		580 —574·5	0·49	
546 —543	1·27		577·5—574·5	0·55		574·5—569	0·55	
543 —541	1·34		574·5—572	0·62		569 —564	0·60	
541 —536	1·34		572 —569	0·68		564 —559·5	0·64	
536 —534	1·42		569 —565·5	0·59		559·5—553·5	0·66	
534 —529·5	1·82		565·5—564	0·55		553·5—547	0·70	
529·5—527	4·11		564 —561	0·51		547 —539	0·79	
			561 —559	0·60		539 —534	0·83	
			559 —556	0·77		534 —529·5	0·88	
			556 —541	0·79		529·5—525·5	0·90	
			541 —539	0·91		525·5—521	1·09	
			539 —534	1·09		521 —516·5	1·21	
			534 —529·5	1·14		516·5—512	1·40	
			529·5—525·5	1·17				
			525·5—521·5	1·31				
			521·5—516·5	1·42				
			516·5—512	1·74				
Deutliches Ergrünen nach 144 Stunden.			Schwaches Ergrünen nach 144 Stunden.			Kein Ergrünen nach 144 Stunden.		
Kurve 65.			Kurve 66.			Kurve 67.		

Entfernung von der Lichtquelle								
4 m			5 m			6 m		
684	—678 µµ	0·15	697	—690 µµ	0·25	690	—684 µµ	0·12
678	—673	0·17	690	—684	0·21	684	—678	0·21
673	—663	0·34	684	—678	0·25	678	—673	0·21
663	—658	0·33	678	—673	0·28	673	—667	0·25
658	—653	0·31	673	—667	0·34	667	—658	0·21
653	—648	0·36	667	—663	0·25	658	—653	0·28
648	—643	0·39	663	—658	0·23	653	—648	0·34
643	—639	0·41	658	—653	0·25	648	—643	0·37
639	—633	0·43	653	—648	0·28	643	—639	0·41
633	—630	0·48	648	—643	0·31	639	—633	0·48
630	—627	0·44	643	—639	0·37	633	—630	0·51
627	—617·5	0·39	639	—633	0·39	630	—627	0·53
617·5	—613	0·34	633	—630	0·59	627	—622·5	0·59
613	—610	0·31	630	—627	0·57	622·5	—617·5	0·49
610	—606	0·34	627	—622·5	0·49	617·5	—613	0·48
606	—602	0·33	622·5	—617·5	0·44	613	—606	0·44
602	—595	0·34	617·5	—613	0·41	606	—602	0·31
595	—589	0·34	613	—610	0·34	602	—598	0·34
589	—572	0·37	610	—606	0·37	598	—595	0·46
572	—569	0·43	606	—598	0·44	595	—583	0·51
569	—566·5	0·44	598	—595	0·46	583	—580	0·55
566·5	—559·5	0·48	595	—591·5	0·44	580	—577·5	0·59
559·5	—553·5	0·51	591·5	—589	0·41	577·5	—574·5	0·62
553·5	—548·5	0·59	589	—585·5	0·51	574·5	—572	0·64
548·5	—539	0·66	585·5	—583	0·55	572	—569	0·66
539	—534	0·74	583	—577·5	0·64	569	—564	0·68
534	—529·5	0·88	577·5	—569	0·66	564	—556	0·72
529·5	—525·5	0·90	569	—559·5	0·74	556	—548·5	0·74
525·5	—521	0·98	559·5	—553·5	0·83	548·5	—541	0·79
521	—516·5	1·03	553·5	—548·5	0·85	541	—534	0·83
			548·5	—543	0·88	534	—527·5	0·88
			543	—539	0·90	527·5	—521	0·93
			539	—534	0·98	521	—514·5	1·09
			534	—525·5	1·14			
			525·5	—516·5	1·21			
			516·5	—512	1·35			

Kurve 68.

Kurve 69.

Kurve 70.
(Mißlungen.)

Ergebnisse der Untersuchungen.

Es soll nun nochmals die Aufgabe und der Gang der angestellten Versuche kurz skizziert werden. Es handelte sich darum, den Ergrünungsprozeß und dessen Stetigkeit durch einzelne Stadien desselben vor Augen zu führen, zu zeigen, wie der Zustand des jeweiligen Farbstoffmoleküls in diesen Stadien durch das Spektrum sich manifestiert. Hiezu war vor allem die richtige Wahl der Lichtintensität erforderlich ($^1/_2$-, $^1/_4$-, $^1/_8$-Normalkerze), zweitens eine bei sämtlichen Versuchen gleichbleibende Zeitdauer der Belichtung (144 Stunden), während welcher die Pflanzen im ganzen und großen normal fortwuchsen und keine besonders auffallenden heliotropischen Krümmungen zeigten. Hiedurch war auch das sonstige Experimentieren unter stets vergleichbaren Zuständen bedingt, so z. B. bezüglich des Quantums der zu untersuchenden Blattmengen (4 *g*) oder bezüglich des Volums von 96% Alkohol, in welchem die Blätter zerdrückt wurden (14 cm^3) u. a. Daß bei den spektrophotometrischen Untersuchungen stets die nämliche Schichtendicke (270 *cm*) verwendet werden mußte, ist ebenfalls selbstverständlich. Die Betrachtungen über die Fluoreszenz und deren Deutung kommen erst in zweiter Linie in Betracht.

Wenn nun im folgenden die hauptsächlichsten Resultate der Untersuchungen angegeben werden sollen, so seien die Definitionen der in Rede stehenden Farbstoffe nochmals vorangestellt:

α. Etiolin (im Sinne Pringsheim's genommen, *also kein Carotin*) ist jener grüne Farbstoff,[1] welcher aus unbelichteten Keimlingen gewonnen, in konzentrierter Lösung respektive bei beträchtlicher Schichtendicke in Alkohol die Hauptabsorptionen $\lambda = 640-620\ \mu\mu$ hervorbringt.[2] Dieser grüne Farbstoff wird

[1] Wiesner identifiziert, wie aus dessen zitierter Abhandlung über die Entstehung des Chlorophylls hervorgeht, Etiolin mit Xanthophyll und Autumnophyll. Diese Arten von gelben Pflanzenfarbstoffen sind entschieden Carotine oder Carotinine.

[2] Nebenabsorptionen (siehe p. 127) kamen nicht weiter in Betracht.

jedoch durch das stets überwiegende Carotin vollständig verdeckt.

β. »Stationäres Chlorophyll« bedeutet im Gegensatze zu Etiolin jenen grünen Farbstoff, welcher während des Ergrünungsprozesses neben dem Etiolin erscheint und zwar nach der im früheren Texte beschriebenen Weise. Diese Chlorophyllmodifikation[1] allein erweist sich im Lichte als beständig und ist also gleichbedeutend mit dem reinen Chlorophyll in der Pflanze.

γ. Von den verschiedenen Ionengruppen im jeweiligen Farbstoffmoleküle kommen im folgenden zwei ganz besonders in Betracht und zwar jene, welche zwischen $\lambda = 680—640\ \mu\mu$ schwingt (also dem stationären Chlorophyll angehörend), welche mit »Gruppe γ« bezeichnet werden soll; zweitens jene, welche zwischen $\lambda = 640—620\ \mu\mu$ oszilliert (dem Etiolin angehörend), welche wir »Gruppe *g*« nennen wollen.

Die Ergebnisse sind folgende:

1. Sowohl in gymnospermen als auch in angiospermen Pflanzen findet sich Chlorophyll vor bei Keimlingen, welche in strengster Dunkelheit aufgezogen werden. Während jedoch bei den ersteren nachweislich nur stationäres Chlorophyll auftritt, so findet sich bei den letzteren jene Chlorophyllmodifikation vor, welche die Pflanze zur Bildung von stationärem Chlorophyll disponiert, ein Farbstoff, welcher gewöhnlich mit dem Terminus »Pringsheim'sches Etiolin« bezeichnet wird. Dieses Etiolin besitzt, wie das eigentliche Chlorophyll, eine grüne Farbe, dispergiert anomal und fluoresziert in alkoholischer Lösung (zeigt Fluoreszenz I. Art nach Lommel).

2. Dieses Etiolin entsteht und verschwindet wieder in den Dunkelkeimlingen. Der gelbe Farbstoff beim Etiolement rührt vom Überwiegen des Carotins und anderer mit Carotin verwandter gelber Farbstoffe her. Ob die etiolinhältige Pflanze auch assimilieren kann, konnte des äußerst geringen Quantums des genannten Farbstoffes wegen nicht nachgewiesen werden.

---

[1] »Etiolin« ist ebenfalls als eine solche zu betrachten.

3. Das Gelbwerden der Blätter im Herbste beruht ebenfalls auf dem Überwiegen gelber Farbstoffe, niemals findet sich auch nur eine Spur von Etiolin in solchen Blättern wieder, denn ein umkehrbarerer Prozeß Chlorophyll $\rightleftarrows$ Etiolin ist experimentell nicht nachgewiesen, in der Natur aber entschieden unmöglich.[1]

4. Die erste unter den oben angeführten Verhältnissen wahrnehmbare Wirkung des Lichtes auf eine etiolinhältige Pflanze besteht darin, daß Etiolin in stationäres Chlorophyll sich gleichsam umwandelt, indem sich ein allmählicher Übergang von Eigenschwingungen der Gruppe g in solche der Gruppe γ vollzieht (kf. die Tafeln und Tabellen).

Dieser Übergang erfolgt stetig und zwar derart, daß mit der Abnahme der Schwingungen in der Gruppe g proportional eine Zunahme der Schwingungen in der Gruppe γ sich vollzieht, wie ebenfalls die beigefügten Tafeln zur Genüge dartun.

Während des eigentlichen Ergrünungsprozesses sind also Schwingungen beider Ionengruppen vorhanden, die einen von größeren, die anderen von kleineren Amplituden. Selbstverständlich wird es auch einen Zeitpunkt geben müssen, wo beide Amplituden gleich erscheinen, wo also Etiolin und stationäres Chlorophyll in gleichen Mengen vorhanden sind (kf. Kurve 38 auf Tafel II und Kurve 43 auf Tafel II). Man sieht also stets zwei Absorptionsstreifen nebeneinander[2] im Spektrum der Lösung, den einen heller und schmäler, den anderen breiter und dunkler, je nach Maßgabe des Lichtgenusses, welcher während des Versuches der Pflanze zukam. Nur im Dunkeln geschehen die Schwingungen der Gruppe g um eine stabile Gleichgewichtslage, bei der Belichtung geht dieser Zustand verloren, bis wieder eine stabile Lage in der Gruppe γ erreicht ist.

5. Zeigt sich keine Spur von Eigenschwingungen in der Gruppe g neben denen der Gruppe γ mehr (ist also alles Etiolin

[1] Kf. hierüber Nernst, Theoretische Chemie, 1900, p. 617 ff.

[2] Diese beiden Absorptionsbänder sind durch einen hellen Lichtstreifen getrennt, an dessen Stelle später der Absorptionsstreifen II des stationären Chlorophylls tritt; kf. z. B. Kurve 7 auf Tafel I, Kurve 24 auf Tafel I etc.

verschwunden), so geht die Bildung von stationärem Chlorophyll bei genügender Beleuchtung sehr rasch vor sich (kf. das rasche Ansteigen der Chlorophyllabsorptionskurven nach dem Verschwinden der Maxima zwischen $\lambda = 640-620\,\mu\mu$ in den Tafeln). Dies hat seinen Grund darin, daß der Widerstand gegen die Schwingungsenergie der Gruppe *g* vollkommen aufgehoben ist.

So lange Eigenschwingungen beider Ionengruppen nebeneinander bestehen, erscheint beim Ergrünungsprozesse die Gesamtleistung des Lichtes als die zur Lostrennung beider Schwingungskomplexe verwendete Arbeit wieder.[1] Sind aber nur mehr Schwingungen in der Gruppe γ vorhanden (liegt also nur mehr stationäres Chlorophyll vor), so werden dieselben allerdings durch die Einwirkung des Lichtes verstärkt, allein nur so lange, bis die für den »aktiven Teil des Chloroplasten« notwendigen Dispositionen getroffen sind, d. h. bis die Pflanze unter normalen Lebensverhältnissen sich befindet. Dann geht die Neubildung des Chlorophylls nicht bis ins Unendliche fort, sondern stets wird Chlorophyll im Licht auch zerstört, welche beide Prozesse (Neubildung und Zerstörung) sich bis zur herbstlichen Verfärbung das Gleichgewicht halten.

6. Die Entstehung des Chlorophylls gestaltet sich bei verschiedenen angiospermen Pflanzen bezüglich der Zeitdauer gemäß der jeweiligen individuellen Konstitution verschieden. So ergrünen z. B. in der Jugend anthokyanführende Pflanzen sehr schnell. Geringe Intensitäten (weitere Entfernung von der Lichtquelle) bewirken jedoch, daß das Minimum der Chlorophyllbildung bei verschiedenen Pflanzen annähernd dieselbe Grenze erreicht, wie dies bereits Wiesner nachgewiesen hat.

In der Natur geht der geschilderte Prozeß oft mit einem Schlage (jedoch nie etwa unstetig) vor sich, da ja helles diffuses Tageslicht die äußerst geringe Menge von Etiolin bald zu zerstören vermag.

Der Umstand, daß das Ergrünen etiolierter Keimlinge bei sehr hoher Intensität weniger rasch erfolgt als bei schwächerer,

[1] Selbstverständlich finden die Oszillationen der Gruppe *g* auch im Dunkeln statt.

hat seinen Grund darin, daß eine zu starke Oxydation sowohl des Etiolins als auch des Chlorophylls erfolgt, so daß ein normales Ergrünen unmöglich wird.

7. Über das Auftreten und Verschwinden der einzelnen Absorptionsbänder (in 96% alkoholischer Lösung) je nach Maßgabe der Lichtintensitäten, denen die Keimlinge während der Versuche ausgesetzt waren, ist in den Tabellen und Tafeln das Nötige zu ersehen. Es sei jedoch hier darauf aufmerksam gemacht, daß nicht überall dort, wo man auf den ersten Blick ein Maximum der Absorption zu sehen glaubt, ein solches wirklich vorhanden ist, wie dies manchmal bei Beschreibungen von Chlorophyll- und anderen Absorptionen angegeben wird. Die photometrische Messung ergibt bei schwachen Banden meist nur einen Wendepunkt in der Kurve.[1]

Daß auf Absorptionen im stärker brechbaren Dispersionsbereiche nur wenig Rücksicht genommen werden konnte, hängt mit der Versuchsmethode zusammen, denn es konnten nur sehr dicke und konzentrierte Lösungsschichten untersucht werden, bei denen meist nach $\lambda = 530\,\mu\mu$ bereits die Endabsorption auftrat.

8. Das Chlorophyll ist in seiner Entstehung, d. h. so lange Schwingungen der Gruppe g und γ vorhanden sind, ein doppelt fluoreszierender Körper. Die Farbe des gesamten Fluoreszenzlichtes ist dann eine Mischfarbe, welche von Lichtrot bis ins dunkle Karminrot variiert, je nach der Menge des neugebildeten Chlorophylls.

9. Der Umstand, daß die sensibilatorische Wirkung einer Substanz mit der Abnahme der Fluoreszenz wächst, läßt darauf schließen, daß der Chlorophyllfarbstoff in der Tat als Sensibilisator wirkt.[2] Denn es ist bekannt, daß die Fluoreszenz im lebenden Blatte entweder gar nicht oder nur sehr schwer wahrnehmbar ist, obschon zwischen B und C im Spektrum ein bedeutendes Absorptionsmaximum wahrgenommen wird. Zu dieser Sensibilisation wird die Energie der wirkenden Strahlen

[1] Kf. auch Wüllner, Strahlung I.

[2] Kf. Timirjazeff, Compt. rend. 1885, Nr. 12; ferner Reinke, Ber. der deutschen bot. Ges. 1883.

vollständig ausgenützt, wie dies die erwähnte starke Absorption beweist; zudem besitzt bei jeder photochemischen Aktion der Exstinktionskoeffizient einen weit größeren Wert als bei rein optischer Absorption.[1] Daß jedoch dieser ganze Energieverbrauch im Assimilationsprozesse sich als nutzbare Arbeit wiederfindet, wäre in der Tat eine irrige Behauptung;[2] am allerwenigsten kann eine allgemeine Norm über irgend welche Proportionalität zwischen Absorption und Assimilation aufgestellt werden.[3] Wird nun Chlorophyll in fluoreszierenden Zustand übergeführt, z. B. durch Lösung in fetten oder ätherischen Ölen, Alkohol etc., wobei stets eine Tötung des betreffenden Pflanzenteiles früher erfolgt ist, so findet die frühere rein chemische Aktion ihr Äquivalent in der Fluoreszenz (kf. Reinke, l. c.).[4] Hiebei braucht allerdings nicht angenommen zu werden, daß das Chlorophyll in der lebenden Pflanze sich in fester Phase vorfinde, wenn auch Reinke's geniale Versuche hierüber manches Plausible an sich tragen. Nach Kohl's (l. c.) Bemerkungen müßte im Spektrum des festen Chlorophylls auch der Streifen des festen Carotins, des steten Begleiters des grünen Farbstoffes, sich vorfinden, welcher zwischen $\lambda = 524-468\ \mu\mu$ liegt. Letzteres ist in der Tat nicht der Fall.

Reinke's Ansicht, daß beim Ergrünen eine Zwischensubstanz als Begleiter des Etiolins (in Pringsheim'schem Sinne) die Hauptrolle spiele, auf welche Substanz das Licht direkt wirke (über deren Konstitution man allerdings nichts Sicheres weiß), stimmt mit den Ausführungen Pringsheim's[5] überein,

---

[1] Kf. Winkelmann, 1894, Bd. 2, Handbuch der Physik (aut. Winkelmann).

[2] Tatsächlich wird nur ein kleiner Teil der Energie der Sonnenstrahlen in der Pflanze beim Assimilationsprozesse ausgenützt. Kf. Pfeffer, Pflanzenphysiologie, I.

[3] Letzteres geschah von Richter: »Étude sur la photosynthese et sur l'absorption par la feuille verte des rayons de différentes longeurs d'onde.« Rev. gén. de bot. 1902.

[4] Kf. auch Winkelmann, Handbuch der Physik, II, 1, p. 483 (aut. Stenger).

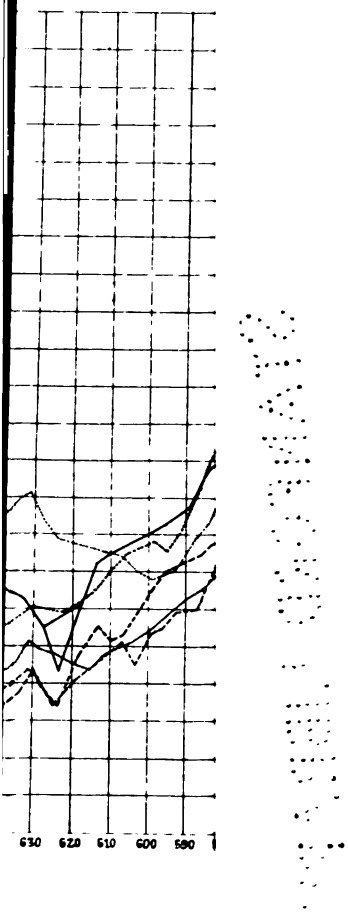
[5] Wied. Ann. 32, 384.

wonach die Erscheinung der photochemischen Induktion stets auf Bildung von Zwischensubstanzen zurückzuführen sei. Sicheres ist hierüber nicht bekannt. Wahrscheinlich ist es das Carotin, welches beim Ergrünungsprozesse sich in hervorragender Weise beteiligt, denn nach Kohl's Versuchen steht es fest, daß die Carotinzunahme beim Ergrünen nur sehr langsam vonstatten gehe, so daß »in den ersten Stadien des Ergrünens nicht viel mehr Carotin vorhanden ist als vor demselben vorhanden war«. Wiesner (l. c.) hat sogar eine Abnahme des Xanthophylls, d. i. des Carotins, beim Ergrünungsprozesse konstatiert.[1]

Zum Schlusse fühlt sich der Verfasser verpflichtet, vor allem Herrn Hofrat Dr. J. Wiesner für dessen Anregung zur vorliegenden Arbeit und das Material zur Ausführung derselben im k. k. pflanzenphysiologischen Institute, sowie Herrn Prof. Dr. Franz Exner, Herrn Privatdozenten Dr. A. Lampa für die gütige Überlassung und Einführung in den Gebrauch der Spektralapparate im k. k. physikalischen Institute, sowie Herrn Dr. K. Linsbauer, Assistenten im pflanzenphysiologischen Institute, für dessen stets bereite Einführung in die Literatur und Behandlung des Pflanzenmaterials seinen ergebensten Dank auszusprechen.

---

[1] Eine rein theoretische Beschreibung des Ergrünungsprozesses behält sich der Verfasser für später vor.


630
620
610
600
590

Gipskriställchen akzessorisch im dolomitischen Kalk von Wietze (Hannover)

von

H. Höfer.

(Vorgelegt in der Sitzung am 13. Mai 1904.)

Als ich mich mit dem verwickelten Bau der Erdöllagerstätten von Wietze beschäftigte, wurde mir mitgeteilt, daß man in den Bohrlöchern auch »Muschelkalk« durchsank; für diese Bezeichnung konnten mir keine Gründe angegeben werden.

Es gelang mir, eine Probe dieses sogenannten Muschelkalkes aus dem Bohrloche V der Grube Hansa zu bekommen, der in 245 *m* Tiefe angefahren wurde. Er ist lichtgrau mit einem Stich ins Grünliche, feinkörnig und fühlt sich sandig rauh an. Ich vermutete, daß das Gestein Dolomit sei und löste es in kalter Salzsäure, wobei es lebhaft aufbrauste. Es verblieb ein ziemlich bedeutender lichtbrauner Rückstand, der unter dem Mikroskop nebst unregelmäßig begrenzten erdigen Teilchen, reichlich aus säuligen Kriställchen, von langgezogenen Sechsecken begrenzt, besteht. Diese Kriställchen haben meist eine Länge von 0·113 bis 0·13 *mm*, die größte gemessene Länge ist 0·1808 *mm*, die größte Dicke 0·0174 *mm*. Der braune Lösungsrückstand setzt sich teils zu Boden, teils schwimmt er schaumartig am Rande; beide Partien bestehen aus Ton und Kriställchen, jene am Boden sind etwas größer. Im Lösungsrückstande findet man auch einige sehr kleine manchmal rhombisch begrenzte schwarze Teilchen, die hie und da an den Rändern ausgefranst erscheinen, und die ich für Kohle halte. Sehr selten sind auch lichtbraune, sehr kleine Kügelchen eingestreut. Organisierte Teile wurden vergebens gesucht.

Anfänglich hielt ich die Kriställchen für Quarz, wovon ich jedoch bei der weiteren Untersuchung bald abkam. Da sie auf Hepar reagieren, vermutete ich Baryt, doch bemühte ich mich vergeblich, eine Baryumreaktion zu erhalten.

Ich löste den sogenannten Muschelkalk auch in warmer Salzsäure, wonach die verbliebenen Kriställchen unter dem Mikroskope etwas korrodiert erschienen, was mich zur Vermutung veranlaßte, daß sie aus Gips bestehen. Da dieser, wenigstens in Kristallen, bisher nie als authigener akzessorischer Bestandteil des Kalks oder des Dolomits gefunden wurde, was um so mehr überrascht, nachdem Einschluß und Hülle sich chemisch so nahe stehen und nachdem im Kalkstein bereits eine große Zahl von kristallisierten Mineralien auch mikroskopisch, darunter Sulfate (Schwerspat und Cölestin), nachgewiesen wurden, so bekam dieser Fund für mich ein erhöhtes Interesse. Herr Professor R. Jeller an der hiesigen k. k. Bergakademie hatte die besondere Güte, eine eingehende Analyse vorzunehmen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle wärmstens danke. Er fand in der Tat, daß die fraglichen Kriställchen aus Gips bestehen. Das Ergebnis seiner Untersuchung ist folgendes:

»In verdünnter, kalter Salzsäure lösen sich unter Kohlensäureentwicklung etwa 40% des Gesteins; in der Lösung wurde CaO und MgO bestimmt, deren Carbonate im Verhältnis 5 : 3 stehen. Der Rückstand enthält, neben SiO_2, Al_2O_3 und Fe_2O_3, Kalkerde und kleine Mengen von MgO auch Schwefelsäure; man kann ihn daher als ein Gemenge von Ton und Calciumsulfat ansprechen, welch letzteres rund 30% oder als Gips mit 2 Molekülen Kristallwasser 38% des Gesteins beträgt.«

Aus Jellers orientierender Analyse geht folgende Zusammensetzung des sogenannten Muschelkalkes von Wietze hervor:

Dolomitischer Kalk	40%
Gips	38
Ton	22
	100%

Der Dünnschliff dieses dolomitischen Kalkes zeigt die Gipskriställchen ganz unregelmäßig eingestreut. Wegen ihrer scharfen Begrenzung sind sie authigen; mit Rücksicht auf die geringe Härte des Gipses würden die Kristalle nicht so scharf begrenzt sein, wenn sie allothigen wären.

Es fragt sich jedoch, ob sie ursprünglich mit dem Kalkstein gebildet wurden — syngenetisch — oder später aus demselben entstanden — epigenetisch — sind.

Nach den Versuchen Usiglio's schließt der Absatz von $CaCO_3$ ab, wenn 1000 Volumteile Meerwasser auf 190 Volumteile abgedampft sind; damit beginnt aber auch sofort die Ausscheidung von $CaSO_4$, was auch die Beobachtungen in den Salzgärten bestätigen. Faßt man den Kalk von Wietze als ein solches chemisches Präzipitat auf, so wäre es immerhin denkbar, daß bei angenähert jener Konzentration (190 Volumteile) bald Kalk, bald Gips ausgeschieden werden kann, und zwar infolge wiederholten Wechsels der Konzentration durch neuerliche Zuflüsse von Meerwasser.

Man hat wiederholt auf den geringen Gehalt des Meerwassers an $CaCO_3$ hingewiesen, der im offenen Meere nur 0·017 bei 35·27‰ Gesamtrückstand beträgt; doch fand Usiglio denselben für das Meerwasser bei Cette mit 0·114 bei 37·655‰ Rückstand, was mit der Nähe der südfranzösischen Kreideküste erklärt wurde. Es ist somit möglich, daß der Gehalt an $CaCO_3$ unter ähnlichen günstigen Verhältnissen noch höher steigen kann. So z. B. kann ein Fluß in der Nähe münden, dessen Wasser sich an der Oberfläche des Meeres ausbreitet, durch Verdunstung Kohlensäure verliert und $CaCO_3$ in größerer Menge abscheidet. Solche direkte Abscheidungen von Calciumcarbonat wurden z. B. an den Rhonemündungen und an den Küsten von Gran-Lanaria beobachtet.[1]

Setzt man für den sogenannten Muschelkalk von Wietze organischen Ursprung voraus, obzwar im Dünnschliffe organisierte Reste nicht beobachtet wurden, so wäre es immerhin denkbar, daß sich in einem mehr oder weniger vom offenen Meere abgeschnürten Becken ein organischer Kalkdetritus anhäufte,

---

[1] Dr. F. Zirkel: Lehrbuch der Petrographie. II. Aufl., III. Bd. S. 482.

durch Kalkausscheidung verkittet wurde und daß bei weiterer Konzentration Gips auskristallisierte. Tierisches Leben dürfte auszuschließen sein, da ja das Eiweiß $CaSO_4$ zersetzt; dies dürfte die Ursache sein, warum Gipskristalle so überaus selten im Kalk als authigene Bildung vorkommen.

Eine dritte Möglichkeit wäre die, daß der Gips im Kalk zwar authigen, doch epigenetischen Ursprungs ist. Es kann später in den Kalk Schwefelsäure oder ein Sulfat eingedrungen sein, welches $CaSO_4$ und eventuell ein im Wasser leicht lösliches Carbonat bildete, welch letzteres entfernt wurde. Schwefelwasserstoffdämpfe, die ja in Erdölgebieten keine Seltenheit sind, können bei ihrem Aufsteigen in Schwefelsäure verwandelt werden.

Es wäre noch zu erwägen, ob der Kalk von Wietze nicht ein Quellenabsatz sei, was zwar wenig wahrscheinlich ist. In den Calciumcarbonat abscheidenden Karlsbader Thermen fand schon W. von Haidinger größere Schwerspatkristalle und Ingenieur J. Knett in neuerer Zeit auch kleine. Wenn auch Gips viel leichter als Baryt löslich ist, so ist es doch denkbar, daß bei einer gewissen Temperatur Gips aus Quellwasser neben Calciumcarbonat ausgeschieden wird.

Welche der erwähnten Möglichkeiten der Entstehung der Gipskriställchen im dolomitischen Kalk die größte Wahrscheinlichkeit für sich hat, muß durch spätere Untersuchungen entschieden werden. Der Frage über die Entstehung der im Kalkstein authigenen fremden Kristalle, häufig von mikroskopischer Kleinheit, ist man bisher überhaupt so ziemlich aus dem Wege gegangen; es ist gewiß wünschenswert, wenn man sich auch einmal mit dieser Frage beschäftigt, was jedoch nicht auf Grund eines Fundes in einem Bohrloche, sondern an den zu Tage anstehenden Kalksteinen, deren Genesis leichter zu enträtseln ist, entschieden werden muß. Es werden die syngenetischen von den epigenetischen Bildungen, letztere insbesondere in den körnigen Kalken, zu trennen sein.

Wenn auch bisher das Vorkommen von authigenen Gipskriställchen im Kalke nicht beobachtet wurde, so ist dennoch $CaSO_4$ wiederholt in Kalksteinen von Analytikern nachgewiesen worden, so in der Kreide von Ringsted (0·07%), nach

A. Völcker im Cornbrash Englands (0·24%) und im Hauptoolith (0·20%), also nur in sehr geringen Mengen; der Gipsdolomit des Thüringer Waldes darf hier zum Vergleiche wohl nicht herbeigezogen werden.

Abgesehen von dem wissenschaftlichen Interesse, welches das Vorkommen der Gipskristalle im dolomitischen Kalkstein bietet, so kann diese Tatsache für Wietze auch eine praktische Bedeutung haben. Die Lagerungsverhältnisse des dortigen Erdölvorkommens sind nicht einfach. So weit meine Untersuchungen reichen, ist eine von SO nach NW streichende Antiklinale von Juraschichten vorhanden, die teils von Längs-, teils von Querbrüchen durchsetzt ist. Die Bohrungen bringen nur spärlich bestimmbare Versteinerungen zu Tage, weshalb jedes Moment zur Bestimmung des geologischen Niveaus der durchsunkenen Schichten angewendet werden muß.

Wenn es nun gelänge über tags anstehend jenen dolomitischen Kalk im hannoverschen Jura, eventuell in der Trias zu finden, der als Lösungsrückstand ebenfalls Gipskriställchen und Ton enthält, so wäre hiedurch ein petrographischer Behelf zur genauen Bestimmung des geologischen Horizonts für die Wietzer Erdölbohrungen gegeben. An jenen Tagaufschlüssen wäre es auch möglich zu entscheiden, auf welche Weise die Gipskriställchen im dolomitischen Kalkstein entstanden sind.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. IV. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Die Silikatschmelzen

(Erste Mitteilung)

von

C. Doelter,

k. M. k. Akad.

(Mit 7 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 18. Februar 1904.)

Einleitung.

Durch die Fortschritte der physikalischen Chemie wird auch neues Licht auf die Natur der Silikatschmelzen geworfen. Es ist jedoch nicht zulässig, die Theorien ohne nähere Prüfung auf die Silikate zu übertragen, da Abweichungen namentlich von den für verdünnte Lösungen gültigen Gesetzen möglich sind.[1]

Ich halte es für unbedingt notwendig, ein großes Material von Beobachtungen und Messungen zusammenzutragen, ehe die Theorie der Silikatschmelzen in Angriff zu nehmen ist, obgleich ich nicht verkenne, daß theoretische Betrachtungen, wie sie z. B. Meyerhoffer[2] angestellt hat, von großer Wichtigkeit sein können, indem sie das Augenmerk auf die eutektischen Mischungen lenken; doch zeigen gerade meine Beobachtungen, daß hier nicht dieser einzige Gesichtspunkt entscheidet. Was die Ausscheidungsfolge anbelangt, so wird die Anwendung physikalisch-chemischer Theorien ganz von Nutzen sein, um die empirisch erhaltenen Resultate zu erklären. Nötig sind aber

---

[1] Man vergleiche den wichtigen Aufsatz Bodländer's, N. J. f. Mineral., Beil., Bd. XII.

[2] Z. f. Kristall., Bd. 37, 1902.

Beobachtungen der Ausscheidungsfolge und Messung der Temperaturintervalle, in welchen die Ausscheidung erfolgt. Hiebei kann man sich aber mit der Untersuchung erkalteter Schmelzen nicht begnügen, man muß, wie es hier zum ersten Male geschieht, die Vorgänge direkt unter dem Mikroskop beobachten, unter gleichzeitiger Messung der Temperaturen. Erst wenn für verschiedene Mischungen Diagramme angefertigt sind, wird man das Material sichten und zu einer endgültigen Theorie gelangen können.

Rosenbusch[1] hat für die Reihenfolge der Mineralausscheidungen in Eruptivgesteinen zwei Sätze aufgestellt:

1. Die kristallinen Ausscheidungen in einem eruptiven Silikatmagma folgen sich nach abnehmender Basizität derart, daß in jedem Augenblicke der Gesteinsbildung der noch vorhandene Kristallisationsrest saurer ist als die Summe der bereits auskristallisierten Verbindungen.

a) Zuerst kristallisieren die Erze und andere Übergemengteile, Apatit, Spinell;

b) dann folgen die Mg- und Fe- oder CaMg-, CaFe-Silikate Olivin, Biotit, Augit etc., wobei Orthosilikate vor den Metasilikaten entstehen;

c) hierauf die Feldspate und ihre Vertreter;

d) der Quarz.

2. Der zweite Satz lautet:

Die relativen Mengen der in einem eruptiven Silikatmagma vorhandenen Verbindungen wirken bedingend auf die Reihenfolge ihrer Ausscheidungen insofern, als im allgemeinen die in geringeren Mengen vorhandenen früher auskristallisieren.

H. J. Vogt gelangt 1884 beim Studium der Schlacken zu dem Resultate, daß die Mineralbildung im Schmelzfluß abhängt von der chemischen Zusammensetzung der Durchschnittsmasse. Die Schwankungen in den physikalischen Bedingungen üben nur einen innerhalb enger Grenzen sekundär modifizierenden Einfluß aus.

Lagorio[2] kommt zu ähnlichen Resultaten wie Rosenbusch, doch hält er dafür, daß die Ursache nicht in der

[1] Mikroskopische Physiographie der Mineralien, zweite Auflage, Stuttgart.

[2] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. VIII, 1887.

Basizität zu suchen sei, sondern in dem Mengenverhältnis der Bestandteile und der chemischen Affinität in dem Sättigungsgrad. Je schwerer eine Verbindung eine Lösung sättigt, desto später scheidet sie sich aus und in desto größerer Menge kann sie von der Lösung aufgenommen werden. Es liegt also die Ursache der Reihenfolge in der Natur der Basen und der Löslichkeit ihrer Verbindungen. Die alkalischen Erden sind der Kieselsäure gegenüber stärker als die Alkalien, daher scheiden sich Olivin und Augit früher aus.

Auf derselben Basis bewegt sich Morozewicz[1], der so ziemlich zu demselben Resultate der Ausscheidungsverhältnisse wie Lagorio kommt. Er macht aber auch auf den Einfluß der Temperatur und der Abkühlungsdauer aufmerksam und auf die Differenzen bei rascher und langsamer Abkühlung. Es ist nicht möglich, die Resultate dieser Arbeit im Detail aufzuzählen; zu einem Ausscheidungsgesetz führten sie begreiflicherweise nicht, da eben sehr viele Ursachen die Ausscheidung beeinflußen. Von besonderem Interesse sind seine Beobachtungen über Ausscheidung von Tonerde.

Die Resultate dieser Untersuchungen von Morozewicz gehen dahin, daß mit Tonerde gesättigte Silikatmagmen solche sind, in welchen das Verhältnis der Tonerde zu den Basen der Alumosilikate $= 1$ ist, solche gesättigte Alumosilikatmagmen von gemischtem Typus $(K_2Na_2Ca)O . Al_2O_3 . n SiO_2$ ($n = 2$ bis 13) sind bei hoher Temperatur fähig, Tonerde zu lösen und übersättigte Lösungen zu bilden. Während reine NaAl-Silikatmagmen stark Tonerde lösen, sind kalkreiche, weniger reine Kalkmagmen nicht befähigt, Tonerde zu lösen. Die übersättigten Alumosilikatlösungen, sowohl gemischte wie einfache, von der Zusammensetzung $(K_2Na_2Ca)O$, mAl_2O_3, $n SiO_2$ (wobei wieder $n = 2$ bis 13 ist) scheiden den ganzen Überschuß $m-1$ von Tonerde in Korundform aus, wenn sie nicht etwa viel MgO $n FeO$ enthalten und wenn n nicht größer als 6 ist, dagegen in Spinellform, wenn sie mehr als $^1/_2\,\%$ MgO und FeO enthalten oder wenn $n > 6$ und wenn Magnesia nicht enthalten ist, in Sillimanitform.

[1] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XVIII, 1898.

(In Bezug auf die Ausscheidung von Spinell machte Michaela Wutschnik die interessante Beobachtung, daß ein Gemenge von Anorthit und Magnetit, Spinell [Ca-Pleonast] ausscheidet; ich komme darauf später zurück.)

Lagorio und Morozewicz[1] haben das Verdienst, das Massenwirkungsgesetz bei der Ausscheidung herangezogen zu haben.[2]

Vogt[3] wendet sich gegen die Bezeichnung von Morozewicz der Schmelzflüsse $NaAlSiO_4$, $CaAl_2Si_2O_8$, $NaAlSi_3O_8$ etc. als »mit Tonerde gesättigte Silikatmagmen«, denn Silikat und Tonerde beziehungsweise Aluminat sind völlig ineinander löslich, da die betreffenden Schmelzmassen aus Lösungen von Al_2O_3 und den Silikaten seien.

Die Versuche von Morozewicz beziehen sich mehr auf Mineralien, die in Eruptivgesteinen seltener auftreten, wie Korund, Spinell, Sillimanit, Cordierit, daneben auch auf solche, welche unter Zuhilfenahme von Schmelzmitteln entstehen.

In einer vor wenigen Tagen erschienenen Arbeit hat Vogt[4] seine früheren Arbeiten auf Grund der Prinzipien der physikalischen Chemie aufgenommen und stützt sich hiebei auch auf meine Schmelzpunktsbestimmungen. Die Untersuchungen

---

[1]) Die Temperaturbestimmungen von Morozewicz können unmöglich richtig sein, er will unter 700° noch Mineralausscheidungen erhalten haben. Dagegen ergeben meine genauen Temperaturmessungen, daß unter zirka 900° keine Kristallbildung in trockenen Schmelzen von Silikaten mehr erfolgt. Überhaupt machte man sich noch vor kurzer Zeit ganz falsche Ideen von den Temperaturen der Erstarrung und des Schmelzens der Mineralien. Der Schmelzpunkt des Korund wird noch von Morozewicz auf 2250° angegeben, er beträgt aber kaum 1800°, vielleicht nur 1700°. Morozewicz erwähnt auch bei Besprechung der Arbeiten Fouqué's und Michel-Lévy's, daß sie Erstarrung zwischen 1100 und 1700° beobachteten. Alle diese Temperaturangaben beruhen nur auf Schätzungen. Es ist von Wichtigkeit festzustellen, daß, wie aus meinen Untersuchungen unter dem Mikroskop hervorgeht, die Ausscheidung der Mineralien auf ein enges Temperaturintervall begrenzt ist, zirka 930 bis 1180°.

[2] In dissoziierten Lösungen ist nach Arrhenius (Elektrochemie, p. 159) eine Abweichung vom Massenwirkungsgesetze bemerkbar.

[3] L. c. p. 84.

[4] Die Silikatschmelzlösungen. Christiania, 1903.

sind nicht abgeschlossen, so daß ein Urteil über den theoretischen Teil, namentlich über die Anwendung des Raoult'schen Gesetzes und der vant'Hoff'schen Formel sich nicht geben läßt, ich muß aber bemerken, daß einige Sätze J. Vogt's mit meinen Schmelzpunktsbestimmungen von Gemengen im Widerspruche stehen; ich verschiebe aber die Kritik bis zum Erscheinen der Fortsetzung jener Arbeit.

In anderer Hinsicht stimmen meine bereits vor längerer Zeit begonnenen und unabhängig von den seinen durchgeführten Untersuchungen, welche auch teilweise von andern Gesichtspunkten ausgehen, doch vielfach überein, insbesondere in Bezug auf die Massenwirkung. Das im Überschuß vorhandene Silikat hat die Tendenz, sich zuerst auszuscheiden, aber von dieser Regel gibt es vielerlei Ausnahmen, die näher betrachtet werden sollen. Nur wenig hängen sie mit den Schmelzpunkten zusammen; ein Gesichtspunkt, der sehr alt ist und den nun auch Vogt betont; aber es sind noch andre Momente, die in Betracht kommen, wie ich zeigen werde. Vogt's und meine Arbeiten ergänzen sich, da ich mich hauptsächlich mit den in den natürlichen Gesteinen enthaltenen Mineralien: Magnetit, Albit, Labrador, Anorthit, Olivin, Leucit, Diopsid, Tonerdeaugit, Orthoklas respektive deren Gemenge befaßte, während Vogt's Untersuchungen sich in der Mehrheit auf die Mineralien der Schlacken beziehen: Wollastonit, hexagonales Kalksilikat, Rhodonit, Melilith, Ackermanit, Fayalit, Tephroit, Magnetit. Vogt's Arbeit beruht auf den Schlackenanalysen Ackerman's und auf mikroskopischen Untersuchungen derselben, dann auf den Resultaten bisher noch nicht veröffentlichter Schmelzpunktsbestimmungen von Gemengen jener Mineralien.

Wichtige Ansichten über die Erstarrungsfolge hat auch Löwinson-Lessing[1] geäußert.

Zu erwähnen wäre der Vollständigkeit halber noch eine Arbeit von Schweig,[2] die sich mit der Differentiation der Magmen beschäftigte, der Verfasser stellte Versuche mit einem

---

[1] Congrès géolog. Internat., VIII. Session.

[2] Inauguraldissertation, Jena 1903.

Glase an, welchem er verschiedene Mengen von SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO zusetzt, um den Sättigungsgrad zu erhalten. Er schließt aus der Untersuchung von Barus und Iddings, daß die Silikatschmelzflüsse Elektrolyte sind, daher alle für diese gefundenen Gesetze auch für die Gesteinsmagmen gelten. Die Sättigung der Magmen hat auch Linck[1] in einem Falle studiert.

Meine eigenen früheren Arbeiten befaßten sich teilweise mit der Umschmelzung von Gesteinen, teils ohne, teils mit Zuhilfenahme von Schmelzmitteln (Mineralisatoren), denen sich eine Reihe von Untersuchungen meiner Schüler anschlossen; ferner mit der Umschmelzung von Mineralien.

Im Jahre 1899 begann ich mit der Bestimmung der Schmelzpunkte der Mineralien, die ich bis heute fortgesetzt habe; das schien mir vor allem nötig, um die Ausscheidung der Mineralien zu studieren und daß sie nicht vergeblich waren, zeigt die neueste Arbeit von Vogt.

Ferner suchte ich die Löslichkeit der Mineralien[2] im Magma durch Vergleiche der Löslichkeitsgeschwindigkeit zu schätzen und auch die gegenseitigen Löslichkeitsverhältnisse gesteinsbildender Mineralien annähernd allerdings mehr qualitativ zu bestimmen; dabei kam ich zu dem Resultate, daß bei steigender Temperatur die Löslichkeit bedeutend wächst und daß gerade Mineralien von sehr hohem Schmelzpunkt zumeist (wenn auch nicht in allen Magmen) löslicher sind.[3]

Vor allem habe ich bereits im Jahre 1901 versucht, die Schmelzpunkte von Mineralgemengen zu bestimmen, wobei ich zu dem Resultate kam, daß die Schmelzpunkte ungefähr dem arithmetischen Mittel der Komponenten entsprechen und nicht unter den Schmelzpunkten der leichter schmelzbaren Komponenten liegen; nur bei einer quarzhaltigen Mischung war die Temperatur ungefähr die der niedrigst schmelzenden Komponente. Dagegen kon-

[1] Zentralblatt, 1903.

[2] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XX, 1901.

[3] Zentralblatt für Mineralogie, 1902.

statierte ich, daß bei glashaltigen Gesteinen die Schmelzpunkte niedriger liegen als die der Komponenten, was ich der Glasbasis zuschrieb.[1]

Gleichzeitig begann ich damals bei umgeschmolzenen Gesteinen die Ausscheidungsfolge zu untersuchen. So konstatierte ich bei umgeschmolzener Vesuvlava, daß bald Olivin, bald Magnetit, bald Leucit zuerst sich ausscheiden. Es ist dies wahrscheinlich der Unterkühlung einerseits, dem Vorhandensein von Impfmitteln andrerseits (Leucit) zuzuschreiben. Bereits früher hatte ich nachgewiesen, daß bei der Umschmelzung von Gesteinen oft andere, dem Bestande derselben nicht angehörige Verbindungen entstehen.[2]

Ich suchte dann die Löslichkeit der einzelnen Mineralien ineinander und die Ausscheidungsfolge binärer Gemenge experimentell zu bestimmen; dies ist in einer ersten Arbeit von Dr. Lenarčič geschehen und wird von mir sowie von Fräulein Michaela Wutschnik fortgesetzt. Die Resultate letzterer, welche separat veröffentlicht werden, habe ich zum Teil bei meinen theoretischen Erörterungen mit einbezogen.

Es ist wohl ziemlich unbestritten, daß man zweierlei Silikatschmelzen unterscheiden muß, die trockenen und die unter Wasser geschmolzenen, doch haben wir es nie mit reinem Wasser zu tun, sondern mit Wasser und mit einer Anzahl von Verbindungen, insbesondere mit jenen Stoffen, welche man Mineralisatoren genannt hat oder vielmehr, da die Temperatur des Magmas die des kritischen Punktes des Wassers überschreitet, haben wir es mit Wasserdampf und den gasförmigen oder flüssigen Fluoriden, Chloriden, Wolframiaten, Boraten, Phosphaten etc. zu tun. Es ist zwar vereinzelt, z. B. von Morozewicz,[3] der Einfluß von Mineralisatoren überhaupt geleugnet worden, aber zahlreiche Versuche[4] haben bewiesen, daß in Gegenwart von Mineralisatoren viele Mineralien, wie Quarz,

---

[1] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XX, 308.

[2] Vergl. K. Bauer, N. J. f. Mineral., Beil., Bd. XII, 566.

[3] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XVIII, 1899.

[4] K. Schmutz, N. J. f. Mineral., 1897, II, 124; K. Bauer, ibid., Beilage, Bd. XII; K. Petrasch, ibid., Beilage, Bd. XVII, 1903.

Orthoklas, Granat, Glimmer, Wollastonit, welche ohne diese gar nicht oder nur ausnahmsweise sich bilden.[1]

Die gegenwärtigen Untersuchungen beziehen sich jedoch nicht auf solche Schmelzen, sondern nur auf trockene Schmelzen, ohne Beifügung irgend welcher Schmelzmittel; solche können mit den verhältnismäßig rasch erstarrten Laven verglichen werden, während die andere Klasse von Versuchen unter Bedingungen ausgeführt wurde, die eher denen der Tiefengesteine sich nähern, wenngleich die Einwirkung des Wasserdampfes auch hier einen Unterschied bedingt. Die Zeitdauer meiner Versuche betrug meist 10 bis 12 Stunden, im Gegensatze zu den Vogt'schen, die[2] nur 60 bis 90' betrug. Ob darin ein prinzipieller Unterschied liegt, ist schwer zu sagen, aber gewisse Mineralien, wie Ca-Spinell werden sich bei meinen Versuchen schwerer bilden, da solche nur bei rascher Abkühlung entstehen. Ich glaube immerhin annehmen zu dürfen, daß die kurze Abkühlungsdauer der Schlacken einen Unterschied in den Resultaten bedingen muß, wie das auch Vogt ebenfalls glaubt. Allerdings dürfte Spinell mitunter auch bei langsamerer Abkühlung möglich sein.

Die Experimentaluntersuchungen, deren Resultate ich hier veröffentliche, beziehen sich

1. auf die Schmelzpunkte von Mineralgemengen und von festen Lösungen dieser Mineralien respektive auf deren Schmelzpunktserniedrigungen und auf neue Schmelzpunktsbestimmungen;

2. auf Beobachtungen der Ausscheidungsfolge der Mineralien in synthetisch dargestellten Schmelzen und auf den Einfluß des Mengenverhältnisses;

---

[1] Morozewicz, l. c. p. 9, sucht die Bildung dieser und ähnlich gebildeter Mineralien durch den Druck zu erklären. Nach den neueren Forschungen spielt Druck nur eine untergeordnete Rolle und wird hoffentlich die so lange geübte Tendenz, dem Druck bei dieser Mineralbildung einen wesentlichen Einfluß zuzuschreiben, unterbleiben. Auch die Versuche Oetling's zeigen die geringe Einwirkung des Druckes. Maßgebend sind Wasser und die Mineralisatoren.

[2] L. c. p. 6.

3. auf direkte Beobachtung des Ausscheidens der Mineralien unter dem Mikroskop;

4. auf den Einfluß der Dissoziation auf die Ausscheidung und den Einfluß des Impfens.

Die Silikatschmelzen als Lösungen betrachtet.

Die trockenen Silikatschmelzen können mit Lösungen[1] verglichen werden. Auf diesem Standpunkte bin ich schon 1890 gestanden, doch habe ich damals den Einfluß der Schmelzpunkte als teilweise maßgebend erachtet. Wenn auch der Einfluß des Schmelzpunktes absolut nicht mehr als bedeutend gelten kann wie ehedem, als man die Ausscheidungsfolge als allein abhängig vom Schmelzpunkte erachtete, so erscheint doch die theoretische Behauptung Brauns[2] und W. Meyerhoffer's, daß letztere absolut einflußlos sei, nicht ganz einwandfrei, wie die Experimente zeigten. Auch Vogt, welcher in einer ersten Abhandlung die Ausscheidungsfolge als nur von der chemischen Zusammensetzung abhängig erachtete und die physikalischen Momente ausdrücklich als von sekundärem Einflusse bezeichnete, erkennt nun eine Abhängigkeit vom Schmelzpunkte an. Ich glaube aber, daß der Einfluß der Schmelzpunkte doch nur ein geringer sekundärer ist (vergl. darüber unter p. 234 bis 239). Bedeutung kommt ihm nur bei der Ausscheidung isomorpher Mischlingskristalle zu.

Schmelzlöslichkeit der Mineralien.

Ich suchte bereits vor längerer Zeit[3] den Einfluß der schmelzenden Magmen auf verschiedene Mineralien festzustellen, später stellte ich verschiedene Versuche an, um bei verschiedenen Verbindungen die Löslichkeit verschiedener Magmen zu eruieren,[4] wie dies auch Lagorio[5] in ähnlicher

---

[1] C. Doelter, Chemische Mineralogie, p. 214. »Die Erstarrung der Mineralverbindungen scheint eine Abscheidungserscheinung wie aus einer Lösung zu sein und ist daher die chemische Zusammensetzung der Schmelze maßgebend.«

[2] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, 17, 1897.

[3] Doelter und Hussak, N. J. f. Mineral., 1884.

[4] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XX.

[5] Z. f. Kristall., Bd. XXIV.

Weise durchgeführt hat; bei solchen Versuchen, welche die Widerstandsfähigkeit der Mineralien der lösenden Wirkung der Magmen gegenüber betreffen, wird vom Standpunkte der physikalischen Chemie weniger Bedeutung beigelegt werden, da sie keine Gleichgewichte betreffen; sie sind aber in petrogenetischer Hinsicht doch von Wert.

Nachdem noch einige qualitative Versuche[1] ergeben hatten, daß die lösende Wirkung der einzelnen Mineralien wie auch der Magmen eine verschiedene ist und bei verschiedenen Temperaturen große Unterschiede zeigt, wurde direkt die gegenseitige Löslichkeit quantitativ bestimmt und von Lenarčič für die Verbindungen Magnetit-Labrador, Augit-Labrador zu versuchen begonnen. Es ergab sich, daß zumeist basische Schmelzflüsse stärker wie saure lösen.

Die Löslichkeit hängt natürlich von der Temperatur ab; nehmen wir zwei vollkommen mischbare Flüssigkeiten und lassen wir sie abkühlen, so wird entweder eine Trennung beider erfolgen oder wir bekommen ein homogenes Glas. Letzteres können wir nur bekommen, wenn die beiden Körper ineinander auch im festen Zustande löslich sind. Es hängt das jedoch zum Teil von der Unterkühlung ab und auch von der Eigenschaft des spontanen Kristallisationsvermögens.

Wenn sich Magnetit vor Albit beim Erstarren ausscheidet, so zeigt das, daß er nicht mehr von Albit in jenen Proportionen gelöst ist.

Ein anderer Weg zur Eruierung der Löslichkeit ist der des Hineingehens einer Verbindung in eine andere kristallisierte; in der Bildung von anormalen Mischlingskristallen (siehe p. 202).

Jedenfalls kommt man zu dem Resultate, daß die festen Lösungen, die man durch Zusammenschmelzen von Mineralien unter Rühren und bei rascher Abkühlung erhält, nur bis zu einer gewissen Grenze homogen respektive amorph sind und daß bei Überschreitung dieser Grenze sich Mineralien ausscheiden. Die beiden in solchen Fällen angewandten Mineralien sind also nicht in allen Proportionen mischbar, sondern es existiert ein Sättigungsgrad, der experimentell feststellbar ist.

[1] Zentralblatt für Mineralogie, 1902, Nr. 7.

Die Löslichkeit ist aber nicht immer genau meßbar, da sich in der flüssigen Schmelzlösung chemische Reaktionen vollziehen, die Anlaß zur Bildung von dritten Körpern geben, dadurch wird die theoretische Darstellung nach den Gleichgewichtsgesetzen erschwert.

Verhältnis eines Minerals zu seiner festen Schmelze.

Von Wichtigkeit für die nachfolgenden Ausführungen ist die Frage, wie sich ein kristallisiertes Mineral zu dem Glase verhält, welches durch Schmelzen des ersten entsteht.[1] Wir wissen, daß die glasige Modifikation andere Eigenschaften besitzt als die kristallisierte; die amorphe hat einen größeren Energieinhalt als letztere.[2]

Es tritt ferner die Frage auf, ob das Glas eines Silikates, durch Schmelzen eines Minerals erhalten, dieselbe Zusammensetzung hat; wahrscheinlich treten drei Fälle auf:

1. Bei Augit, Labrador, Leucit, Nephelin wird dasselbe Mineral beim Abkühlen sofort wieder erhalten.

2. Es wird nur ein Glas erhalten, z. B. bei Orthoklas, Albit, niemals Kristalle.

3. Es wird ein Gemenge anderer Mineralien erhalten. Zerfall des Granats und Idokrases in hylotrope Gruppen: Anorthit (Mejonit)+Olivin, oder Umwandlung in eine hylotrope Modifikation: Zerfall der Hornblende in Augit gewöhnlich unter Absonderung von etwas Magneteisen.

Weiter gehören hieher die Abscheidung von Magnetit aus eisenreichem Augit und Olivin beim Schmelzen.[3] Die Umwandlung des Kaliglimmers in Leucit und Orthoklas u. a.

Beim Zusammenschmelzen von Labrador und Magnetit bildet sich Hedenbergit, hier stammt das Eisen aus dem Magnetit, die Kieselsäure und der Kalk aus dem Labrador.

Akmit und Orthoklas ergibt Glas und Magnetit, letzterer stammt aus dem Akmit.

$$(Na_2Fe_2^{III}Si_4O_{12});$$

[1] Diese Frage wird merkwürdigerweise von Vogt gar nicht berührt; er scheint ohne weiters anzunehmen, daß die Schmelze die Lösung des Minerals darstellt, da er die Differenz der Eigenschaften beider nicht erwähnt.

[2] Tammann, Schmelzen und Kristallisieren.

[3] Oft schon vor Eintritt des Schmelzens.

das FeO war nicht vorhanden, muß durch Reduktion von Fe_2O_3 gebildet sein.

Aus Anorthit und Magnetit kann sich der mit letzterem isomorphe Kalkspinell bilden. Das Ca stammt aus Anorthit, das Fe^{III} aus Magnetit.

Bei dem Zusammenschmelzen von Mineralien bilden sich häufig dritte Verbindungen, welche zumeist mit keinen der ersteren isomorph sind. Die Abscheidung kann aus einer einzigen Komponente erfolgen (Magnetit aus Augit), viel häufiger aber aus beiden. Dieser Fall ist am wenigsten erklärt worden.

Viele synthetische Versuche ergaben beim Zusammenschmelzen von Mineralien Bildung neuer, oder aber ein Mineral gibt beim Schmelzen ein Glas und eine neue Verbindung, oder mehrere kristallisierte Verbindungen; andrerseits kann sich ereignen, daß zwei nicht isomorphe Verbindungen (falls das eine in kleinen Mengen vertreten ist) zu einer gemeinsamen Kristallisation zusammentreten und eine anomale Mischung bilden.

Es ist daher von großer Wichtigkeit, festzustellen, ob durch Zusammenschmelzen von Mineralien ein weiterer Stoff entsteht.

Dissoziation der Silikatschmelzen.

Die geschmolzenen Silikate sind, wie Barus und Iddings[1] gezeigt haben, Elektrolyte, sie sind also mit elektrisch dissoziierten Lösungen vergleichbar.

Die dissoziierte Lösung gibt Anlaß zur Bildung von Verbindungen; durch chemische Reaktion entstehen in der Schmelzlösung neue Bestandteile und es brauchen sich nicht die früher im festen Zustande vorhanden gewesenen Verbindungen neuerdings aus der Lösung abzuscheiden, es bilden sich neue.

Dies dürfte mit der Dissoziation der geschmolzenen Silikate zusammenhängen, auf die noch zu wenig Rücksicht genommen ist, denn sowohl Vogt wie Morozewicz gehen

---

[1] Ich hatte schon im Jahre 1890 durch Versuche festgestellt, daß eine Elektrolyse von Basalt möglich ist, indem an der einen Elektrode sich eisenoxydreiche Partien ausscheiden.

hauptsächlich vom chemischen Standpunkte, d. h. von der chemischen Zusammensetzung der ganzen Silikatlösung aus. Auf die Dissoziation der Silikate machte ich bereits aufmerksam, namentlich in Gegenwart der Mineralisatoren. Schon der vor Jahren von mir bewiesene Zerfall des Granats beim Schmelzen in Olivin und Anorthit zeigt die Dissoziation der Verbindung $Ca_3 Al_2 Si_3 O_{12}$[1].

Natur der Silikatschmelzen.

Schmilzt man mehrere Mineralien zusammen, so erhält man eine Lösung, in der die verschiedenen Oxyde FeO, MgO, CaO, Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 dissoziiert sind, außerdem dürften aber noch andere Silikatgruppen in der Schmelzlösung existieren, so z. B. in der Orthoklasschmelze Leucit, nach Ansicht von Prof. Tamman in der Leucitschmelze auch $K_2Al_2Si_2O_8$ und $K_2Al_2Si_6O_{16}$, außerdem noch undissoziierte Moleküle von Leucit.

Jedenfalls ist eine Orthoklas- oder eine Leucitschmelze nicht einfach mit den kristallisierten Varietäten zu identifizieren. In der Schmelze sind verschiedene Molekülgruppen vorhanden und es findet teilweise Dissoziation statt.

Impfversuche.

Impfversuche hatte ich bereits vor einiger Zeit mit Mineralien angestellt, um die Übersättigung aufzuheben, es war dies gelegentlich der Studie über Kristallisationsgeschwindigkeit und neuerdings machte ich beim Studium der Ausscheidungsfolge davon Gebrauch, um Mineralien, welche schwer kristallisieren, zur Abscheidung zu bringen. Aber diese Versuche gelingen nur in wenigen Fällen, nämlich nur in solchen, wo das Impfmineral viel schwerer schmelzbar ist als die zu impfende Lösung und in dieser nicht rasch gelöst wird; bei viskosen Lösungen mißlingt der Versuch zumeist auch, es ist

[1] Der Zerfall des Granats hängt nicht, wie Morozewicz meint, mit dem Verhältnis der Bestandteile zusammen respektive mit dem Tonerdeüberschuß (wenigstens ist dies nicht die Ursache seines Zerfalles), sondern mit der Dissoziation.

also dieses Mittel, welches so wichtige Resultate geben könnte, nur ausnahmsweise anwendbar. Von großem Interesse war mir eine briefliche Mitteilung Prof. Tammann's in Göttingen, welcher mir mitteilte, daß bei der Dissoziation der Silikate nicht nur freie Ionen und Oxyde, sondern noch andere Alumosilikate sich bilden, welche eventuell durch Impfversuche nachzuweisen waren; er schätzt beispielsweise, daß in $K_2Al_2Si_4O_{12}$-Schmelzlösung außer dieser Verbindung auch noch die Molekülgruppen

$$K_2\,Al_2\,Si_6\,O_{16}$$
$$K\,Al\,Si_2\,O_8$$

vorhanden sein können. Möglicherweise werden sich neue Tatsachen in Verfolgung dieser Gesichtspunkte ergeben.

Der Dissoziationsgrad dürfte aber bei verschiedenen Silikatschmelzlösungen verschieden sein (nicht überall gleich, wie Vogt meint). Ich vermute, daß er bei basischen Silikaten kleiner ist als bei sauren, ebenso wird er sich bei Gegenwart von Mineralisatoren ändern.

Es wären Versuche über die Leitfähigkeit bei verschiedenen schmelzenden Silikaten notwendig, um ein Urteil über ihre Eigenschaft als Elektrolyte zu erhalten.

Impfmittel bei natürlichen Erstarrungsvorgängen.[1]

Gegen die Übertragung der Impfungsmethode auf Naturvorgänge könnte man einwenden, daß in der Natur keine Impfstoffe vorhanden sind; das ist aber nicht richtig, denn es ist sehr wahrscheinlich, daß die Gegenwart von Kristallen erster Generation die Reihenfolge der später sich ausscheidenden Mineralien beeinflußt, denn diese wirken wie Impfkristalle.

Das zeigt auch die Fluidalstruktur; dort, wo sich um einen großen Kristall zahlreiche kleine Kristalle anlagern, liegt Impfwirkung vor. Es ist daher die Übertragung der durch Impfung erhaltenen Resultate auf Naturvorgänge gestattet.

---

[1] Im Zentralblatt 1902, p. 548, machte ich aufmerksam, daß präexistierende Kristalle auf die Ausscheidungsfolge von Einfluß sein können; dies wird nun durch Versuche bestätigt.

Einige einschlägige Versuche zeigen, daß die Ausscheidungsfolge der Mineralien durch vorhandene Impfstoffe beeinflußt werden kann und daß durch Impfen dieselbe geradezu umgekehrt werden kann, wenn auch im andern Falle dieselben versagten. Man kann in manchen Fällen statt des betreffenden Minerals zu Impfzwecken ein isomorphes, schwerer schmelzbares nehmen, da nach Ostwald[1] die Übersättigung durch ein isomorphes Salz ebenso gut aufgehoben werden kann. Ostwald sieht bekanntlich diese Eigenschaft als Charakteristik für isomorphe Verbindungen an. Da in der Feldspatreihe die Schmelzpunkte verschieden sind, so wird man mit Vorteil z. B. Anorthit statt Albit als Impfmittel nehmen.

Meine diesbezüglichen Versuche sind nicht abgeschlossen und sollen in dieser Abhandlung nicht ausführlich behandelt werden, ich will nur einige erwähnen, welche die Wichtigkeit des Gegenstandes zeigen. Orthoklas gibt beim Kristallisieren nur Glas, offenbar weil die Kristallisationsgeschwindigkeit 0 ist infolge der großen Viskosität oder weil bei der Temperatur respektive Unterkühlung, bei welcher spontane Kristallisation eintreten würde, die Viskosität so groß ist, daß keine Kristalle mehr entstehen. Wenn man nun beim Abkühlen mit großen Bruchstücken von Orthoklas impft, so werden dieselben teils allerdings auch geschmolzen, wo es aber gelingt, einzelne derselben davor zu bewahren, entstehen kleine Orthoklaskristalle.

Ferner impfte ich eine Orthoklasschmelze mit Leucit und erhielt in der Nähe der Impfstoffe einzelne Leucite sowie Orthoklase.

Ganz merkwürdige Resultate wurden bei einer Schmelze aus Anorthit und Hedenbergit von Fräulein Wutschnik erzielt. Erstens wurde die Ausscheidungsfolge durch Impfen mit Anorthit zu Gunsten dieses geändert (aber nur in der Nähe des Impfstoffes), der Hedenbergit, der sich sonst bildet, kommt gar nicht zur Abscheidung im Wirkungskreise des Impfminerals, es bildet sich Magnetit und ein andrer Körper. Die Umkehrung der Ausscheidungsfolge kann in einigen Fällen durch Impfung bewirkt werden.[2]

[1] Lehrbuch II.

[2] Die Versuche werden gegenwärtig von einem meiner Schüler fortgesetzt.

Einfluß der Unterkühlung.

W. Meyerhoffer machte zuerst auf die Wichtigkeit des eutektischen Punktes aufmerksam und kommt, wie früher Brauns,[1] zu dem Resultate, daß nur die chemische Zusammensetzung der Schmelze, verglichen mit der der eutektischen Mischung, für die Ausscheidungsfolge maßgebend sei. Von großer Wichtigkeit war es überdies, daß Meyerhoffer auf die bei Mineralschmelzen sehr oft auftretende Unterkühlung (Übersättigung) aufmerksam machte.[2]

Die Unterkühlung ist bei vielen Mineralien sehr erheblich und beträgt bis zu 150°. Es tritt also Übersättigung der Schmelze ein und wie Meyerhoffer gezeigt hat, kann durch diese die Ausscheidungsfolge eine ganz andere sein als die von der Theorie geforderte. Man kann die Übersättigung aufheben durch Rühren und Lenarčič hat gezeigt, daß in der Tat bei einem Falle ein entgegengesetztes Resultat eintreten kann, als wenn nicht gerührt wird. Bei meinen Versuchen wurde das ebenfalls konstatiert, doch läßt sich Rühren eben nur solange die Schmelze noch ziemlich viskos ist durchführen. Es wäre nicht unmöglich, daß manches überraschende Resultat der Vogt'schen Versuche dem Mangel an Rühren zuzuschreiben ist, namentlich bei der erwähnten (p. 111) Reihenfolge Olivin-Magnetit und Magnetit-Melilith, welche den Beobachtungen der Petrographen und auch teilweise meinen Versuchen nicht entspricht. In der Natur dürften solche den ohne Rühren vorgenommenen Versuchen analoge Fälle zwar nicht ausgeschlossen sein, z. B. in Gängen, aber doch selten sein, da die Gase Bewegung erzeugen und durch die präexistierenden Kristalle (intratellurische Bildungen) Impfung erzeugt wird. In der Tat kann, wie einige noch nicht abgeschlossene Versuche beweisen, durch Impfung die Ausscheidung in der übersättigten Silikatlösung beeinflußt werden. Diese hebt die Übersättigung auf.

---

[1] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. 1896.

[2] Bereits W. Ostwald hat übrigens bei Besprechung des Brauns'schen Aufsatzes auf die Unterkühlung die Aufmerksamkeit gelenkt. Zeitschrift für phys. Chemie, XXV., p. 372.

Einfluß der Kristallisationsgeschwindigkeit und des Kristallisationsvermögens.

Wir wissen, daß manche Mineralien aus ihrem Schmelzflusse nicht zur Kristallisation zu bringen sind, z. B. Albit, Wollastonit, Orthoklas, Granat,[1] Glimmer. Welches sind die Ursachen dieses Verhaltens?

Bei den zwei letzteren, sowie einigen andern, ist es der Zerfall in der Schmelzlösung in andere Molekülgruppen, welche stabiler sind bei hohen Temperaturen; erniedrigt man durch Schmelzmittel (Mineralisatoren) die Schmelztemperatur, so können sich die ursprünglichen Mineralien ausscheiden.

Der Einfluß der Mineralisatoren ist hier der, die Entstehungstemperatur herabzusetzen, indem der Schmelzpunkt des Gemenges herabgesetzt wird.

Bei Albit, Orthoklas liegt ein anderer Fall vor, da man jene Mineralien, wie neuerliche Versuche von mir beweisen, zwar nicht aus ihren Schmelzen, wohl aber bei hoher Temperatur aus gemischten Schmelzlösungen (Umschmelzung von Mineralgemengen) erhält.

Ich glaube, daß die Grundursache des Nichtkristallisierens in der Viskosität jener Schmelzen liegt, durch welche die Kristallisationsgeschwindigkeit und wohl auch das spontane Kristallisationsvermögen auf Null reduziert wird. Denn wir sehen, daß die Kristallisationsgeschwindigkeit bei weniger viskosen Mineralien im allgemeinen größer ist, z. B. bei Augit, bei Olivin, Labrador, als bei viskosen Mineralschmelzen (Nephelin, Leucit); bei sehr viskosen (Albit, Orthoklas, Quarz) ist sie Null. Durch Zugabe von wolframsaurem Kali wird die Kristallisationsgeschwindigkeit, wie die Versuche von Hautefeuille[2] und meine eigenen beweisen, vergrößert. Die Mineralisatoren wirken hier als Verminderer der Viskosität.

---

[1] In der Literatur werden Fälle erwähnt, in welchen sich Granat aus trockenen Schmelzen bildete; ich habe die Versuche wiederholt und jenes Mineral nicht erhalten, ich halte daher die Möglichkeit eines Irrtums nicht für ausgeschlossen.

[2] Nach Untersuchungen von Pickardt sinkt die Kristallisationsgeschwindigkeit durch Zugabe von fremden Beimengungen; hier ist offenbar der gegenteilige Einfluß der Viskositätsverminderung weit größer. (Zeitschrift für phys. Chemie, 43, 1903.) Der Widerstand wird vermindert.

Durch Impfmittel kann Kristallisation hervorgebracht werden.

Die Ausscheidungsfolge der Mineralien.

Eine weitere Untersuchungsreihe enthält Versuche über die Ausscheidungsfolge von Mineralien beim Zusammenschmelzen und langsamen Abkühlen derselben. Solche Versuche wurden zuerst in meinem Laboratorium durch Dr. Lenarčič ausgeführt und dann von mir und Fräulein Michaela Wutschnik weiter fortgesetzt. Die Schmelzmassen werden unter dem Mikroskop untersucht und, wo dies möglich, die Reihenfolge der Ausscheidung festgesetzt.

Das Kristallisationsmikroskop für hohe Temperaturen.

Es war von größter Wichtigkeit, die Ausscheidungsfolge direkt unter dem Mikroskop zu beobachten; doch stellen sich dieser sicher sehr dankenswerten Aufgabe große Schwierigkeiten entgegen, da der Apparat selbst noch vervollkommnet werden soll und auch die Erkennung der ausgeschiedenen Kristalle noch oft mit Schwierigkeiten verbunden ist.

Um die Erstarrungsvorgänge und namentlich auch um die Reihenfolge der Ausscheidungen beobachten zu können und um gleichzeitig die Erstarrungstemperaturen messen zu können, mußte ein Mikroskop konstruiert werden, welches eine Erhitzung auf die Schmelztemperatur hochschmelzbarer Substanzen gestattet respektive mit einem derartigen Erhitzungsapparat versehen ist. Zuerst verband ich einen solchen mit dem Lehmann'schen Mikroskop, bin aber von demselben wieder abgekommen, da die Spiegelpolarisation zu geringe Intensität der Interferenzfarben ergibt und außerdem die Anbringung einer Irisblende, die gerade hier sehr gute Dienste leistet, nicht möglich ist. Ich bin daher zu der Konstruktion eines eigenen Mikroskopes geschritten, über dessen Details ich anderweitig berichten werde, doch kann man allerdings den Erhitzungsapparat nötigenfalls auch bei jedem anderen Mikroskop anbringen.

Der Erhitzungsapparat muß vermittels Elektrizität erwärmbar sein, da man bei Gasbrennern an verschiedenen Punkten der Flamme verschiedene Temperaturen erhält und

auch die Messung vermittels des Thermoelementes weniger genau ist. Nach längeren Versuchen erhielt ich durch die Freundlichkeit der Firma W. C. Heraeus in Hanau einen kleinen Ofen, welcher den Anforderungen entspricht. Er besitzt bei zylindrischer Form die Größe des Objekttisches und eine Höhe von zirka 50 *mm*, er ist nach demselben Prinzip konstruiert, wie die größeren vertikalen Öfen dieser Firma.[1] Die Heizung erfolgt durch eine Platinspirale. Das Lumen des Ofens hat zirka 15 *mm* Durchmesser. Der Ofen wird auf den Tisch des Mikroskopes gestellt und ist auch mit ihm drehbar, Asbestplatten schützen oben wie unten die metallischen Teile des Mikroskopes. Die Linse liegt wie bei dem Lehmann'schen Apparate in einer Metallspirale, durch welche Wasser geleitet wird, das zuvor durch eine Kältemischung von zirka —18° geflossen ist. Trotzdem die Entfernung zwischen dem Ofen und der Linse nur 5 *mm* betrug, wurde letztere kaum warm. Oben und unten wird die Öffnung des Ofens durch Quarzplatten verschlossen, das Thermoelement wird von unten hereingeführt und ist unmittelbar mit dem Objektträger in Berührung. Dieser besteht wieder aus einem Schälchen aus geschmolzenem Quarz, welches von oben an Quarzfäden oder Platindrähten eingeführt wird, eventuell gibt man dem Objektträger die Form des Savonetteglases, man kann den Objektträger an einer beliebigen Stelle des Ofens festmachen, je nach der Vergrößerung, welche man anwendet. Der untere Nikol wird speziell abgekühlt.

Die erzielbare Temperatur betrug anfangs kaum 1200°, konnte aber jetzt infolge kleiner Umänderungen des Ofens bis nahezu 1300° gebracht werden. Für die gelungene Konstruktion des Ofens sage ich der Firma W. C. Heraeus und insbesondere Herrn Dr. Küch meinen besten Dank. Die Regulierung der Temperatur durch einen passenden Widerstand ist sehr leicht möglich und man kann auf 10° einstellen und sehr lange die Temperatur konstant erhalten. (Statt einer Quarzplatte kann man in manchen Fällen unten den Ofen auch durch eine Glimmerplatte, durch welche die Drähte des Thermoelementes durchgehen, absperren.)

---

[1] Siehe C. Doelter, Zentralblatt für Mineralogie, 1902.

Anwendung des Mikroskopes zur Beobachtung der Ausscheidungsfolge.

Der direkten Beobachtung der Ausscheidungsfolge stehen größere Schwierigkeiten entgegen, da die Interferenzfarben nicht

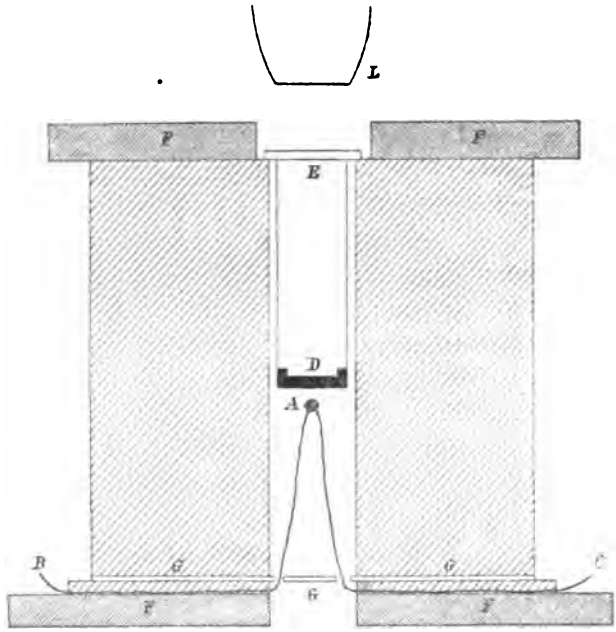


Fig. 1.

L	Mikroskoplinse.
E	Quarzplatte.
D	Quarzschale.
AB / *AC*	Drähte des Thermoelementes.
G	Quarzplatte.
F	Asbestplatten.

mehr gut zu beobachten sind und daher auch die Auslöschung nicht gemessen werden kann. Es hängt dies nicht nur damit zusammen, daß das Gesichtsfeld rot gefärbt erscheint, denn auch durch ein Einschalten von grünem Glas wird die Farbe nicht hervortreten, sondern wahrscheinlich damit, daß die Kristalle bei sehr hoher Temperatur sich darin fast wie isotrop verhalten.

Man ist daher auf die Unterscheidung vermittels der Brechungsexponenten und der Kristallformen angewiesen, was allerdings in vielen Fällen genügt. Wo aber dies nicht der Fall ist, wird nachträgliche Untersuchung der Kristalle Dienste leisten, insbesondere aber verbunden mit photographischer Aufnahme in verschiedenen Stadien der Abkühlung respektive bei verschiedenen Temperaturen. Man verwendet am besten zum Studium der Ausscheidung Dünnschliffe der betreffenden Schmelzen.

Als wichtiges Resultat der bisherigen noch sehr spärlichen Versuche ergibt sich unter anderem, daß die Ausscheidung der untersuchten gesteinsbildenden Mineralien erst bei 1180 bis 1150° beginnt und meistens bei 950° endet; unter 900° ist alles starr.

Schmelzpunktserniedrigung von Silikaten.

Nach dem Verhalten anderer Körper zu schließen, müßte bei dem Zusammenschmelzen von Silikaten eine Erniedrigung des Schmelzpunktes des Gemenges unter den der niedrigst schmelzenden Komponente stattfinden; dies ist jedoch, wie mich bereits frühere[1] Versuche gelehrt, nicht der Fall. Zahlreiche Beobachtungen zeigen, daß eine Schmelzpunktserniedrigung bei Silikatgemengen nicht eintritt.

Anders verhalten sich jedoch die Gläser, welche man durch Zusammenschmelzen von Silikaten erhält. Diese folgen den Lösungsgesetzen, man darf also die Silikate nicht mit ihren Gläsern identifizieren. Schmilzt man Mineralgemenge bis zu vollständigem Gleichgewicht unter Rühren und stellt dadurch eine solche feste Lösung her, so erhält man für diese Schmelzpunktserniedrigungen wie bei flüssigen Lösungen und könnte eventuell auf diese die Lösungsgesetze anwenden. Aber es muß betont werden, daß solche Lösungen doch nicht mit den Mineralien völlig ident sind, da das erhaltene Glas einen andern Körper, physikalisch verschieden von dem Mineral, darstellt. Man muß also von Schmelzpunktserniedrigungen der Mineralgläser, nicht aber der Mineralien sprechen. Man muß diese

[1] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XX, 1891.

Gläser als labile Modifikationen der kristallisierten Verbindung auffassen, sie hat niederen Schmelzpunkt und überhaupt größeren Energiegehalt.

Es scheint unter den vielen Mineralkombinationen nur wenig Ausnahmsfälle zu geben, in welchen eine Erniedrigung des Schmelzpunktes des Gemenges unter den der niedrigeren Komponente vorkommt. Dieser Fall wurde bei den Untersuchungen von M. Wutschnik bei den Gemengen Olivin-Albit gefunden, die Schmelzpunktserniedrigung des Gemenges 1 Olivin 1 Albit beträgt zirka 20° unter dem Schmelzpunkt des Albites, bei den in andern Verhältnissen gemischten Mengen war sie 10 bis 0°. Dieser Fall soll an einem andern Orte besprochen werden.

Der Beweis, daß Mischungen von Mineralpulvern nicht unter dem Schmelzpunkt der niedriger schmelzenden Komponente schmelzen, kann ohne pyrometrische Messung dadurch erbracht werden, daß man gleichzeitig, in welchem Ofen immer, das Mineral und das innige Gemenge nebeneinander erhitzt; man kann sich dann überzeugen, daß das Gemenge später flüssig wird, als das niedrig schmelzende Mineral; nur bei sehr nahe schmelzenden Mineralien ist es wegen der Messungsfehler schwieriger zu entscheiden, ob eine oder die andere Mischung etwa um einige 10° niedriger als die untere Komponente schmilzt; wo aber größere Differenzen eintreten, ist das leicht sicherzustellen.

Dagegen ging schon aus meinen ersten Schmelzpunktsbestimmungen[1] von glashaltigen Basalten und ähnlichen Gesteinen hervor, daß solche Gesteine einen niedrigeren Schmelzpunkt besitzen, als die niedrigst schmelzende Komponente, obgleich auch hier wieder, wie oben bemerkt, es vorkommt, daß beim Schmelzen des Gesteins noch viele ungeschmolzene Einzelbestandteile vorhanden sind.

Erster Versuch. Ein Gemenge von gleichen Mengen Hedenbergit und Anorthit

wurde gleichzeitig mit reinem Hedenbergit im elektrischen Horizontalofen geschmolzen, wobei sowohl die Mischung als

[1] Siehe Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XX.

auch der reine Hedenbergit in Tetraeder geformt wurden und unmittelbar nebeneinander gestellt waren, damit kein Temperaturunterschied eintreten konnte. Bei 1080° tritt der Punkt T_1 für Hedenbergit ein, das Gemenge war noch nicht gefrittet.

Bei 1120° war das Hedenbergittetraeder an den Kanten ganz abgeschmolzen, das Gemenge nur stark gefrittet.

Bei 1150° wurde wieder nachgesehen; der Hedenbergit war zu einem Meniskus geschmolzen, während das Gemenge noch nicht einmal auf der Unterlage angeschmolzen war, es trat hier der Punkt T_1 ein, den der Hedenbergit schon bei 1080° zeigte. Bei 1200° war das Gemenge geschmolzen.

Zweiter Versuch. Gleichzeitiges Schmelzen eines Diopsid-Albitgemenges und von reinem Albit.

Ein inniges Gemenge von 2 Albit und 1 Diopsid, in Tetraeder geformt, wurde gleichzeitig und neben einem solchen von Albit erhitzt. Bei 1150° beginnt die Schmelzung des Albites, bei 1170° war derselbe ganz geschmolzen. Die Frittung des Gemenges begann bei 1180°, während dieses erst bei 1200° geschmolzen war.

Dritter Versuch. Gleichzeitiges Erhitzen eines Akmit-Orthoklasgemenges und von Akmit.

Die Ausführung des Versuches erfolgte wie bei Versuch 1 und 2. Für Akmit erhält man

$$T_1 = 960°,$$
$$T_2 = 980°.$$

Bei 1000° war Akmit zu einem Meniskus zusammengeschmolzen.

Das Gemenge, bestehend aus 2 Orthoklas und 1 Akmit, zeigte bei dieser Temperatur nicht einmal Beginn des Schmelzens, erst bei 1030° zeigten sich Spuren von Schmelzung; diese tritt bei 1080 bis 1090° ein, indem es bei dieser Temperatur stark angeschmolzen war. Zu einem Meniskus schmolz es bei 1110°.

Vierter Versuch. Gleichzeitiges Erhitzen von Albit und eines Gemenges Magnetit-Albit.

Für Albit von Norwegen erhielt ich

$$T_1 = 1150°,$$
$$T_2 = 1170°.$$

Das Gemenge begann erst bei 1175° Spuren von Schmelzung zu zeigen, bei 1190° trat deutliche Erweichung ein, hier sind also die Differenzen geringere.

Fünfter Versuch. Gleichzeitiges Erhitzen von Änigmatit mit einem Gemenge von Leucit-Änigmatit.

Bei 1000° schmolz Änigmatit, während das Gemenge noch unverändert war. Bei 1080° fing es zu erweichen an, bei 1120° erst wurde es flüssig.

Sechster Versuch. Bronzit und Albit.

Ferner wurde noch ein Gemenge von zwei Mineralien mit sehr entfernten Schmelzpunkten, nämlich Bronzit (1380°) und Albit (1160°) zusammengeschmolzen, und zwar

2 Bronzit (Kraubath)
1 Albit (Norwegen)

ergab

$$T_1 = 1230°$$
$$T_2 = 1260 \text{ bis } 1280°.$$

Ein einzelner Ausnahmsfall wurde konstatiert bei Zusammenschmelzen von Mischungen Albit-Kalkeisenolivin im Verhältnisse 1 : 1 und 1 : 2. Es ergaben sich Schmelzpunkte von 1140 und 1150°, also unter dem Schmelzpunkte des Albits um zirka 5 bis 15°.

Der Vorgang des Schmelzens von Mineralgemengen besteht also nicht nur, wie O. Lehmann[1] annahm, darin, daß durch die Gegenwart des einen Minerals der Schmelzpunkt des andern ermäßigt wird, sondern darin, daß das eine Mineral das andere löst; je höher wir über den Schmelzpunkt des ersteren hinaufkommen, desto rascher vollzieht sich der Lösungsprozeß, welcher aber von der lösenden Eigenschaft desselben abhängt und überhaupt von der gegenseitigen Löslichkeit. In wenigen

[1] Molekular-Physik, Bd. I, 1887.

Fällen schien es allerdings, daß der höher schmelzende Anteil der Mischung in der Lösung seinen Schmelzpunkt etwas ermäßigt, in den meisten Fällen ergab sich aber, daß das nicht der Fall ist.

Vergleicht man die Schmelzpunkte der Mineralgemenge, so findet man, daß zumeist die Erweichung übereinstimmt mit dem Punkte, welchen man erhält, wenn man das arithmetische Mittel der Schmelzpunkte der Komponenten zieht. Nur dann ist der Schmelzpunkt niedriger, wenn die niedriger schmelzende Komponente die Eigenschaft hat, die andere rasch zu lösen; so bei Hedenbergit und Akmit, welche ein starkes Lösungsmittel für die meisten hochschmelzbaren Mineralien sind. Hiebei kommt also auch die Lösungsgeschwindigkeit in Betracht.

Zu beachten ist aber, daß beim Schmelzen der Mischung noch kein Gleichgewicht stattfindet, indem noch 20 bis 40° höher nicht der ganze zweite Anteil geschmolzen ist, sondern von diesem noch ein bedeutender Teil ungeschmolzen ist.

Würde man denjenigen Punkt, bei welchem auch der feste Teil der zweiten hochschmelzbaren Komponente geschmolzen ist, zum Vergleiche heranziehen, so würde man Temperaturen erhalten, die sogar bedeutend den aus dem arithmetischen Mittel berechneten Schmelzpunkt übersteigen, aber die Eruierung dieses Gleichgewichtspunktes ist sehr schwierig.[1]

Richtig wäre es aber, diesen Punkt zum Vergleiche heranzuziehen. Das, was wir messen, ist jedoch nur ein Intervall des Beginnes der Lösung und der vollzogenen Lösung.

Demnach verhalten sich diese Mineralgemenge, d. h. die Silikate nicht wie Legierungen und wie die Nitrate und organischen Verbindungen, welche, wenn sie als Gemisch erhitzt werden, ihren Schmelzpunkt unter den der niedrigst schmelzenden Komponente erniedrigen, sondern sie verhalten sich wie isomorphe Mischungen, deren Schmelzpunkte zwischen dem der beiden Komponenten liegen und so ziemlich das arithmetische Mittel beider bilden.[2]

---

[1] Sie ist unter dem Mikroskop möglich; vergl. unten die Schmelzversuche unter dem Mikroskop.

[2] Es braucht aber weiter nicht dargelegt zu werden, daß die betreffenden Mineralien weder isomorph noch isodimorph sind.

Bildung von anomalen Mischkristallen beim Zusammenschmelzen von nicht isomorphen Mineralien.

In einigen Fällen konstatiert man, daß das in bedeutendem Überschuß vorhandene Mineral das andere aufnehmen kann und daß, da Glas nicht gefunden wird, das letztere mit dem andern Mischkristalle bildet, trotzdem von einer isomorphen Mischung und eigentlich wohl auch von einer isodimorphen nicht gesprochen werden kann. Die Fälle sind zwar nicht sehr zahlreich, verdienen aber Beachtung, weil sie für die Frage der chemischen Konstitution solcher Mineralien von Wichtigkeit sein können.

Zuerst konstatierte ich einen solchen Fall bei Zusammenschmelzen von Nephelin und Leucit; $NaAlSiO_4$ und $KAlSi_2O_6$ können Mischkristalle geben, die in der Form des Nephelins erstarren, solange das Verhältnis unter 1 : 1 bleibt. Wenn jedoch dieses Verhältnis oder ein Verhältnis angewendet wurde, bei dem mehr Leucit vorhanden war, kristallisierten beide für sich getrennt aus,[1] der umgekehrte Versuch gelingt nicht; Leucit nimmt kleinere Mengen von Nephelin nicht auf. Es scheinen aber derartige Fälle gar nicht so selten zu sein.

Lenarčič untersuchte eine von mir dargestellte Mischung von Hedenbergit und Elaeolith im Verhältnisse 5 : 1 und konstatierte, daß der Elaeolith das erstere Mineral verschluckt hatte.

Ferner beobachtete ich bei Mischung von 20 Augit mit 1 Labrador, daß das Ganze als Augit auskristallisierte, ohne Glasrest.

Weiter scheint Olivin Kalkfeldspat in kleinen Mengen aufnehmen zu können, wie bei Zusammenschmelzen von vorherrschendem Olivin mit wenig Anorthit konstatiert wurde.

Durch Isodimorphismus ließe sich wohl nur der erste Fall erklären, obgleich dem die ungleiche chemische Konstitution (die eine Verbindung ist ein Metasilikat, die andere ein Orthosilikat) entgegensteht; dann wäre auch zu erwarten gewesen,

[1] Z. f. Kristall., IX, 1884, p. 325.

daß kleinere Mengen von Nephelin in größeren Mengen von Leucit verschwinden, was nicht der Fall war.

Vielleicht sind sie mit den Adsorptionen vergleichbar, wie sie Bodländer und Sommerfeldt,[1] letzterer bei Jodkalium und Jod, beschrieben haben, oder die Adsorptionen bei Salmiak. Ob diese Hypothese die richtige ist, läßt sich aber heute noch nicht sagen.

In einigen Fällen dürfte, z. B. bei Augit, der Tonerde- und Eisenoxydüberschuß vielleicht zur Bildung des Augits aufgezehrt worden sein; wenn die Mengen sehr klein sind, so kann von Ca $Al_2Si_2O_8$ das Ca $Al_2Si\,O_6$ isomorph dem Augit beigemengt sein, dann würde noch ein Rest von kieselsaurer Tonerde übrig bleiben, der auch als Glaseinschluß infolge seiner äußerst geringen Menge in den Augiten stecken kann.

Es könnten also drei Fälle vorkommen:

1. Isodimorphe Mischungen.
2. Anomale Mischkristalle (Adsorptionen).
3. Veränderung der chemischen Zusammensetzung des vorherrschenden Minerals durch Bildung einer isomorphen Mischung, der Rest scheidet sich als Glaseinschluß ab.

Pyrometrie.

Die Erzeugung konstanter Temperaturen behufs Schmelzpunktsbestimmung.

Zur Bestimmung der Schmelzpunkte und zum Studium der Ausscheidungsfolge ist es unbedingt notwendig, über einen Raum mit konstanter Temperatur zu verfügen, da Temperaturmessungen mit dem Le Chatelier'schen Pyrometer nur bei konstanter Temperatur zuverlässig sind. Daher sind Gasöfen, welche in verschiedenen Teilen des Heizraumes verschiedene Temperaturen zeigen, nicht empfehlenswert, man muß sich bei Temperaturmessungen des elektrischen Ofens bedienen.

Ich verwende[2] bei meinen Schmelzpunktsbestimmungen zweierlei Öfen, einen horizontalen und einen vertikalen, und

[1] N. J. f. Mineral. 1892, II., 59.

[2] Vergl C. Doelter, Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XXII, 1903.

zwar die von der Firma Heraeus in Hanau hergestellten; der vertikale Ofen ist verschiebbar und wird oben durch eine Glimmerplatte verschlossen, welche zwei Öffnungen für die Drähte des Thermoelementes hat. In diesem Ofen kann man durch Regulierung des Widerstandes Temperaturen erzeugen, welche durch lange Zeit, auch durch mehrere Stunden, konstant erhalten werden können. Dieser Vertikalofen ist auch zur langsamen Abkühlung von Schmelzen viel mehr geeignet als ein Gasofen, da die Temperatur in letzterem nicht so leicht konstant regulierbar ist und auch die Messung der Temperatur viel leichter ist und vor allem viel zuverlässiger als in jenem.

Die Schmelzpunktsbestimmungen.

Seit mehreren Jahren mit Schmelzpunktsbestimmungen beschäftigt, habe ich nach verschiedenen Methoden gegen 1000 Messungen ausgeführt und kenne die großen Schwierigkeiten derselben; ich glaube, daß im Gasofen keine genauen Bestimmungen möglich sind und habe bei meinen Angaben alle früher in Gasöfen gemachten Beobachtungen eliminiert, wodurch die Zahlen um 30 bis 80° geändert, zumeist erhöht wurden. Vor allem ist die Herstellung von konstanten Temperaturen notwendig.

Ich verwendete bei meinen Schmelzpunktsbestimmungen drei Methoden[1] von welchen jedoch die eine unter Anwendung von Mineralsplittern hier nicht zur Verwendung gelangen kann, wo es sich um innige Mischungen handelt; die zwei andern Methoden bestehen darin, daß man direkt die Erweichung des feinen Pulvers konstatiert und diesen Punkt als untere Grenze nimmt und hierauf den zweiten Punkt, bei welchem die Schmelze flüssig ist und sich in Fäden ausziehen läßt, fixiert. Ich nenne diese beiden Punkte T_1 und T_2. Der Schmelzpunkt liegt zwischen beiden.

Die beiden Punkte liegen bei verschiedenen Mineralien oft sehr nahe beieinander, oft auch zeigen sich Differenzen von 30°.

[1] C. Doelter, Beziehungen zwischen Schmelzpunkt und chemischer Zusammensetzung der Mineralien. Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XXII, 1903.

Bei Gläsern ist sie eine sehr geringe, d. h. der Punkt T_2 ist fast der Schmelzpunkt, der Erweichungspunkt liegt aber viel tiefer.

Theoretisch ist ja der Schmelzpunkt sehr genau als Durchschnittspunkt zweier Tensionskurven zu fixieren, praktisch ist aber bei Silikaten der richtige Schmelzpunkt sehr schwer zu treffen und muß man das Mittel[1] aus den zwei Temperaturbestimmungen nehmen.

Bei der Schmelzpunktsbestimmung haben wir, abgesehen von der Erzeugung einer konstanten Temperatur oder einer sehr langsam ansteigenden, vor allem auf die genaue Messung der Temperatur zu achten.

Das Rhodium-Platinelement erlaubt genügend genaue Messungen und man kann sogar Temperaturen bis zu 5° abschätzen. Die größere Schwierigkeit ist jedoch die, den Schmelzpunkt überhaupt zu bestimmen und diese Temperatur genau zu messen; namentlich ersteres ist nicht leicht zu treffen und können sich hierin immer Differenzen von 20 bis 40° ergeben, wenn auch die Temperaturmessungen ganz genau durchgeführt werden. Um bei diesen den größten Grad der Genauigkeit zu erreichen, wäre es erforderlich, daß das Element direkt in die Schmelze eintauche, was aber nur durch Anwendung eines Schutzrohres ermöglicht wird; es zeigt sich aber dann erstens der Übelstand, daß man hiezu sehr große Quantitäten des zu untersuchenden Minerals braucht, ferner daß man dabei doch etwas zu niedere Temperaturen bekommt. Meine ersten Bestimmungen im elektrischen Vertikalofen waren daher meist um 30 bis 40° zu niedrig. Ich stelle daher das Thermo-

---

[1] Vogt unterscheidet mit Recht bei den isomorphen Mischungen ein Temperaturintervall statt eines Schmelzpunktes. Theoretisch ist dies ja richtig, praktisch aber unmöglich durchführbar; übrigens ist auch noch nicht festgestellt, ob beispielsweise Labrador theoretisch einen Schmelzpunkt hat oder nicht. Gerade bei Labrador fand ich unter Anwendung der mikroskopischen Methode einen konstanten Schmelzpunkt und auch bei sonst langsam ansteigender Temperatur ein Verharren des Thermometers bei derselben Temperatur von zirka 1210°, möglicherweise wäre daher das Temperaturintervall sehr klein. Praktisch hat daher die Unterscheidung keinen Wert.

element respektive den Lötknopf unmittelbar über (bei Vertikalöfen) oder bei Horizontalöfen neben das zu untersuchende Pulver respektive Mineral. In einzelnen Fällen habe ich es aber so angestellt, daß der Lötknopf des Elementes doch die Schmelze berührt und hier ist dann der Einfluß der Schmelzwärme fühlbar.

Beim Versuche bei sehr langsam aufsteigender Temperatur zeigt dann das Thermoelement während des Schmelzens eine konstante Temperatur und selbst wenn man durch Ausschalten von Widerstand eine höhere Temperatur im Ofen erzeugt, bleibt das Thermoelement, welches in die Schmelze eintaucht, bei derselben konstanten Temperatur. Leider sind solche Versuche nicht häufig möglich gewesen, da das Thermoelement durch die Schmelze leidet und häufig erneuert werden muß. Die Temperatur, welche man dann beim Eintauchen erhält, dürfte die richtige sein, sie ist zwischen 10 bis 20° niedriger, als wenn der Lötknopf sich über der Schmelze befindet.

Diese Methode bezeichne ich als Methode I *a*.

So erhielt ich für Labrador bei 1210° konstante Temperatur während des Schmelzens, die andern Bestimmungen ergaben 1200 bis 1215°, bei Augit (Monti Rossi) erhielt ich 1185°, bei andern Bestimmungen 1190 bis 1200°.

Ich halte diese Methode für die genaueste.

Methode I. Das Thermoelement befindet sich in einem in den Vertikalofen gestellten Tiegel unmittelbar über dem Mineral- oder Gesteinspulver. Die Festigkeit oder lose Beschaffenheit des Pulvers wird mit einem Eisen- oder Platinstab geprüft.

Die Methode II besteht in der Beobachtung kleiner, sehr dünner Splitter oder Spaltblättchen im Horizontalofen. Ich habe nach dieser Methode keine neuen Messungen durchgeführt.

Methode III. Man verfolgt den Schmelzprozeß im Horizontalofen. Zu diesem Zwecke verwende ich bei Mineralpulvern kleine Pyramiden, deren Kanten sehr scharf sind, die sich bei Eintritt des Schmelzens runden. Je nach der Viskosität der Schmelze wird das Ganze zur Kugel schmelzen oder ungefähr seine Gestalt behalten. Für die Details siehe die früher erwähnte Arbeit in Tschermak's Min. Mitt., XXII.

IV. Mikroskopische Methode. Diese Methode ist eine der genauesten, da man das Schmelzen direkt beobachten kann. Man kann sie auf zweierlei Arten durchführen: *a)* mit Pulver, *b)* in Schliffen. Bei ersteren muß man nur sehr feines Pulver in einer sehr dünnen Schichte aufstreuen und die einzelnen Kristallsplitter beobachten. Der Beginn des Schmelzens wird durch Abrundung der Kanten beobachtet; wenn die Schmelzung eintritt, was bei zirka 15 bis 30° Erhöhung geschieht, bildet sich in dem Körnchen ein dunkler, scharf sich abhebender Flecken, ein Zeichen, daß die Masse flüssig geworden ist. An dem Auftreten des bläschenartigen Fleckens ist der Schmelzpunkt sehr deutlich zu beobachten und man kann denselben hier wirklich genau bestimmen.

b) In Schliffen. Bei Beobachtung von Mineralschliffen ist der Schmelzpunkt sehr gut zu bestimmen, sowohl durch Abrundung der Kanten beim ersten Weichwerden, als durch die Bildung von Bläschen im Innern des Kristalles beim Schmelzen.

Die jetzt aufgestellten Schmelzpunkte sind alle höher als die zuerst in Gasöfen angestellten, sie stimmen mit den im Vorjahre publizierten Messungen gut überein, da die Unterschiede kaum mehr als 10 bis 30° betragen und ist dies schon ein hoher Grad von Genauigkeit,[1] denn vor allem ist zu berücksichtigen, daß 10 bis 15° bei dem Schmelzpunkte der Silikate höchstens 1% repräsentieren und daß derselbe Unterschied bei niedrig schmelzenden organischen Substanzen sich erst in der zweiten Dezimale fühlbar machen würde. Dann ist ein Mineral niemals ganz homogen und Mineralien von verschiedenen Fundorten zeigen kleine Veränderungen in der chemischen Zusammensetzung; die Folge davon ist, daß zwei Orthoklase oder zwei Leucite oder Magnetite von verschiedenem Fundorte niemals denselben Schmelzpunkt zeigen. Es mußten also die Schmelzpunkte der hier angewandten Mineralien nochmals untersucht werden, denn man kann nicht behaupten, Albit habe z. B. einen Schmelzpunkt von 1160°, denn bei manchen Albiten finden wir nur 1145°, bei andern 1165°. Bei Anorthit von verschiedenem Fundort liegen die Punkte um 40° auseinander.

[1] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, XXII.

Neue Bestimmungen der Schmelzpunkte einiger gesteinbildenden Mineralien.

Auch die bei den Versuchen hier gebrauchten Mineralien wurden sowohl nach Methode I und I*a*, als nach Methode III und II (unter dem Kristallisationsmikroskope) zum Teile nochmals bestimmt. Da jedoch die verschiedenen Methoden verschieden genaue Resultate ergeben, so habe ich die genauesten Resultate I *a* mit 4 multipliziert, die Beobachtungen unter dem Kristallisationsmikroskop mit 3, die nach Methode I erhaltenen mit 2, die nach Methode III im Horizontalofen mit 2 und die am wenigsten genauen mit Splittern (Methode II) einfach gerechnet.

Ganz weggelassen sind die Beobachtungen in Gasöfen, die überhaupt weniger genau ausfallen müssen und die ersten Messungen überhaupt.

Auf Grund dieser Berücksichtigung der verschieden genauen Messungen nahm ich im folgenden als das Mittel der Schmelzpunkte T_2 die nachstehenden Werte (Durchschnittswerte).

Anorthit Mijakeshima	1280°
» (Vesuv)	1230°
» (Pizmeda)[1]	1260°
Labradorit (Kiew)	1210°
Orthoklas (Norwegen)	1210°
Adular (Gotthard)	1215°
Albit (Norwegen)	1160°
» (Schmirn)	1150°
Augit (Monti Rossi)	1185°
Diopsid (Ala)	1255°
Olivin (Almeklovdal	1280°
Leucit (Vesuv)	1310°
Akmit (Drammen)	965°
Hedenbergit (Elba)	1100°
Magnetit (Mulatto)	1250°
Elaeolith Miass	1190°

Diese Zahlen sind nun das Mittel von vielen (zirka 30 bis 50) Messungen, wobei die weniger zuverlässigen weggelassen wurden.

[1] Dieser Anorthit ist nicht rein.

Wie wir sehen werden, ist es auch wünschenswert, die Schmelzpunkte der Mineralgläser zu bestimmen, da diese zumeist niedriger sind als die Schmelzpunkte der kristallisierten Varietät.

	Schmelzpunkte der Gläser	Differenz
Labradorit (Kiew) . . .	1185°	— 25°
Orthoklas (Norwegen)	1190°	— 20°
Albit	1150°	— 10°
Augit (Monti Rossi) .	1175°	— 10°
Olivin	1260°	— 25°
Leucit (Vesuv)	1290°	— 20°
Akmit (Drammen) . . .	915°	— 45°

Geschmolzene Mineralien haben also immer niedrigeren Schmelzpunkt als die kristallisierten Modifikationen.

Die Schmelzpunkte von Mineralgemengen und deren glasige Modifikationen.

Im folgenden stelle ich die Resultate der Schmelzpunktsuntersuchungen einer Reihe von Mineralgemengen zusammen. Es wurden untersucht die Schmelzpunkte der Gemenge selbst und die der vorher zusammengeschmolzenen und im Fluß gerührten Gemenge, die rasch, nachdem keine Spur von Kristallen vorhanden war, sondern nur eine flüssige Lösung, erkaltet worden war, damit man eine wirkliche feste Lösung und nicht ein Gemenge von Glas und Kristallen erhält.

Beobachtungen bei Zusammenschmelzen von zwei Mineralien. Ausscheidung der Mineralien aus geschmolzenen Gemengen.

Mischbarkeit von Silikatschmelzen.

Wenn man zwei Mineralien zusammen schmilzt, so löst das zuerst schmelzende das zweite, letzteres wird aber im weiteren Verlaufe sich mit dem ersten in flüssigem Zustande mischen. Können sich zwei Mineralien in flüssigem Zustande in allen Verhältnissen mischen wie Alkohol und Wasser, oder tritt teilweise der Fall ein wie bei Öl und Wasser?

Im allgemeinen beobachtet man bei Silikatschmelzen (wir wollen vorläufig nur die trockenen Schmelzen

behandeln) keine Separation, außer in seltenen Fällen eine solche nach dem spezifischen Gewichte, wie bei Flüssigkeiten. Rührt man die Schmelze, so wird sie zumeist in allen Teilen gleich sein, was man beobachten kann, wenn man von verschiedenen Teilen flüssige Teile herausnimmt und untersucht. Die einzelnen Teile sind allerdings beim Abkühlen oft scheinbar sehr verschieden, aber es sind mehr Strukturunterschiede.

Da aber dem spezifischen Gewichte nach doch Trennung eintreten kann, so würde dies oder überhaupt eine Separation auf Nichtmischbarkeit schließen lassen, aber eine solche scheint nach allen Beobachtungen selten zu sein, insbesondere wenn gerührt wurde.

Man muß daher im allgemeinen unbeschränkte Mischbarkeit der Silikatflüsse als höchstwahrscheinlich erachten, obgleich Ausnahmen auch möglich erscheinen bei solchen Schmelzen, bei welchen trotz Rühren Separation eintrat.

Wenn wir ein Gemenge von zwei kristallisierten Silikaten zusammenschmelzen, erhalten wir eine Lösung, wobei das leichter schmelzbare das schwerer schmelzbare löst; wir sehen nun, daß, während die flüssigen Silikate in allen Proportionen im allgemeinen mischbar sind, ein flüssiges Silikat bei bestimmter Temperatur nur eine gewisse Menge eines festen Körpers lösen kann; die Löslichkeit in festem Zustande ist also geringer als die in flüssigem und begrenzt.

Wenn man aber zwei Mineralien zusammenschmilzt, so kann es vorkommen, daß sich selbst bei einer raschen Abkühlung, die nur einige Sekunden lang dauert, das eine Mineral in Skeletten oder Sphärulithen ausschießt; daraus schließt man, daß die Flüssigkeit die zuerst kristallisierbare Substanz wieder ausgeschieden hat und man beobachtet, daß dies nicht in willkürlichen Verhältnissen, sondern bei bestimmten Konzentrationen erfolgt (vgl. unten p. 237).

Schmelzpunktserniedrigung von Mineralgemengen.

Es wäre zu erwarten, daß Mineralgemenge analog wie andere Körper, besonders wie die von Guthrie studierten ·te, Schmelzpunktserniedrigungen zeigen sollten; Vogt

spricht[1] von Schmelzpunktserniedrigungen, welche sehr bedeutend sind. Tatsächlich ist dies aber nicht der Fall für Mineralien, denn alle meine Versuche zeigen, daß bei Zusammenschmelzen von Mineralien keine Schmelzpunktserniedrigung stattfindet, sondern nur die amorphen Modifikationen zeigen eine solche.

1. Mischungen von Albit und Magnetit.

Angewandt wurden: Albit von Norwegen, vom Schmelzpunkte $T_1 = 1150°$, $T_2 = 1170°$ und Magnetit vom Mulatto, bei dem $T_1 = 1240°$, $T_2 = 1260°$ bestimmt wurde.

		Schmelzpunkt der Mischung	Schmelzpunkt des Glases
3 Albit	$T_1 =$	1160°	1120°
1 Magnetit	$T_2 =$	1175°	1135°
1 Albit	$T_1 =$	1160°	1130°
1 Magnetit	$T_2 =$	1180°	1140°
2 Magnetit	$T_1 =$	1175°	1160°
1 Albit	$T_2 =$	1200°	1170°

Der eutektische Punkt läge also hier wohl auf der Seite des leichter schmelzbaren Minerals, aber bei der letzten Mischung kann man von einer Gefrierpunktserniedrigung gar nicht mehr sprechen.

Die drei Mischungen selbst schmelzen wenig über dem Schmelzpunkt der niedriger schmelzenden Komponente des Albits, aber niemals unter diesem. Bemerkenswert ist auch, daß das Glas nur wenig Unterschied im Schmelzpunkt zeigt von der Mineralmischung selbst. Zum Teil hängt es damit zusammen, daß es nicht möglich ist, ein reines Glas zu erhalten, da der Magnetit sich sofort infolge seines Kristallisationsvermögens ausscheidet. Magnetit hat stark lösende Kraft bezüglich Albites. Die Schmelzpunktserniedrigung unter den Schmelzpunkt des Magnetits ist sehr bedeutend.

Was die Ausscheidungsfolge anbelangt, so hat Lenarčič zwei Versuche angestellt: mit Magnetit und dem Oligoklas-

[1] L. c.

Albit vom Sauerbrunngraben bei Stainz (Steiermark). Bei der Mischung Magnetit-Albit = 1 : 3 wurde nur Glas erhalten mit einigen wenigen Albiten; der Magnetit blieb also im Albit gelöst.

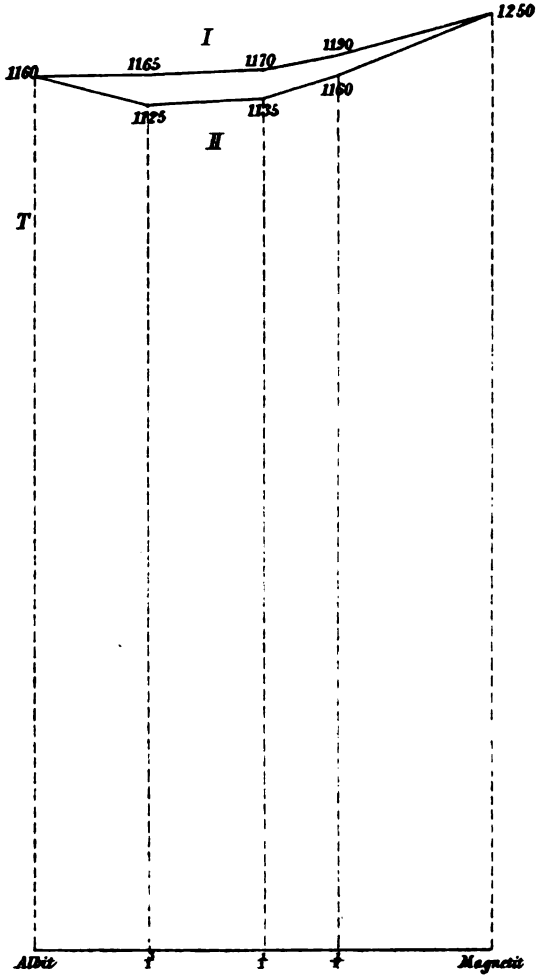


Fig. 2.

Magnetit-Albit.

I. Kurve der Schmelzpunkte der Mineralmischungen.
II. Kurve der Schmelzpunkte der Gläser.

Bei Mischung 1 : 1 war Glas mit Magnetitausscheidungen und Spuren von Albit gebildet, wobei Magnetit als Einschluß das ältere Produkt ist.

Beim dritten Versuche war nur Magnetit zur Abscheidung gelangt. Der eutektische Punkt kann bei dem Verhältnisse 1 : 3 oder vielleicht 1 : 4 liegen und scheint für die Ausscheidungsfolge nicht unbedingt maßgebend, da Magnetit zuerst sich ausscheidet.

Mischungen von Augit und Labradorit.

Da diese zwei Mineralien in petrographischer Hinsicht von besonderer Wichtigkeit sind, wurden viele Mischungen ausgeführt. Die Schmelzpunktsbestimmungen wurden im Horizontalofen nach Methode III ausgeführt. Die angewandten Mineralien waren Labradorit von Kiew und Augitkristalle vom Monti Rossi.

Die Schmelzpunkte von Labradorit und Augit wurden nach drei Methoden nochmals bestimmt und nach den Angaben von p. 208 das Mittel berechnet; als wahrscheinlichste Zahlen ergeben sich für Labradorit 1210°, für Augit 1185°.

Labradorit.

Schmelzpunkt nach Methode III.....	1190° – 1220°
Schmelzpunkt nach Methode I.....	1200° – 1210°
Schmelzpunkt nach Methode I*a*.....	1200° – 1215°
Schmelzpunkt nach Methode IV unter dem Mikroskop	1210°

Augit.

Schmelzpunkt nach Methode III	1190° – 1200°
Schmelzpunkt nach Methode I.....	1180° – 1195°
Schmelzpunkt nach Methode I*a*.....	1180° – 1190°
Schmelzpunkt nach Methode IV	1185°

Frühere Beobachtungen hatten für einen Augit von Monti Rossi einen um 10° niedrigeren Wert ergeben, da jedoch kleine

chemische Differenzen sich in dem Schmelzpunkte ausdrücken und die Kristalle, welche bei der zweiten Beobachtungsreihe

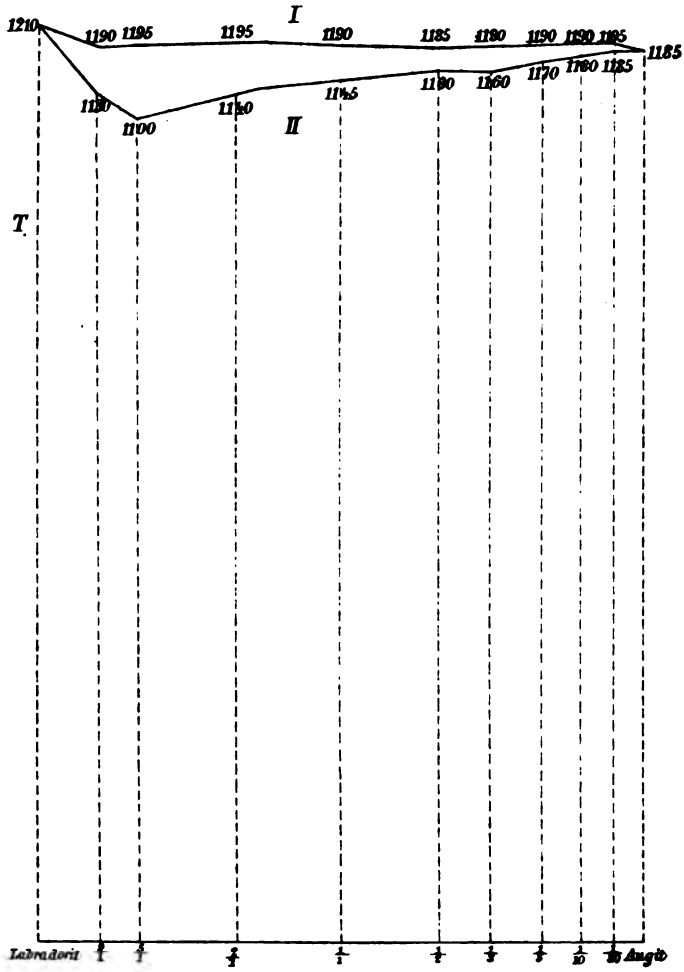


Fig. 3.

Labradorit-Augit.

I. Kurve der Schmelzpunkte der Mineralgemenge.
II. Kurve der Schmelzpunkte der Gläser.

angewandt wurden, nicht ganz mit dem der ersten gleich sein dürften, so nehme ich die ad hoc ausgeführte zweite Beobachtungsserie, um so mehr als die Methode genauer war.

Resultate der Schmelzpunktsmessungen.

	Schmelzpunkt des Mineralgemenges	Berechneter Schmelzpunkt des Gemenges aus dem arithmetischen Mittel	Schmelzpunkt des durch Zusammenschmelzen der beiden Mineralien erhaltenen Glases
Augit	T_1 1170°	—	1170°
	T_2 1190°	—	1180°
Labradorit 1	T_1 1180°	—	1180°
Augit 20	T_2 1200°	1196°	1190°
Labradorit 1	T_1 1190°	—	1170°
Augit 10	T_2 1200°	1196°	1180°
Labradorit 1	T_1 1185°	—	1170°
Augit 5	T_2 1190°	1197°	1175°
Labradorit 1	T_1 1175°	—	1165°
Augit 3	T_2 1200°	1198°	1170°
Labradorit 1	T_1 1175°	—	1150°
Augit 2	T_2 1195°	1200°	1165°
Labradorit 1	T_1 1185°	—	1140°
Augit 1	T_2 1195°	1202°	1150°
Labradorit 2	T_1 1190°	—	1135°
Augit 1	T_2 1200°	1205°	1145°
Labradorit 5	T_1 1195°	—	1090°
Augit 1	T_2 1200°	1208°	1100°
Labradorit 9	T_1 1180°	—	1120°
Augit 1	T_2 1190°	1210°	1135°
Labradorit	T_1 1200°	—	1190°
	T_2 1215°	—	1205°

Die Ausscheidungsfolge.

Lenarčič versuchte Labradorit in Augit zu lösen und er fand, daß bei dem Verhältnis 5 Augit 1 Labradorit noch eine feste Lösung entsteht, bei größerer Menge von Labradorit scheidet sich dieser aus. Ferner hat er die Ausscheidungsfolge studiert. Bei Labradorit 1, Augit 2 scheidet sich bei Rühren Augit, wenn nicht gerührt wird, zuerst Labradorit aus.

Bei Mischungen Labradorit : Augit = 1 : 1 und 1 : 3 war nur Augit ausgeschieden. Dies zeigt, daß sich zumeist Augit zuerst ausscheidet.

Ich habe nun noch einige weitere Versuche angestellt respektive einige wiederholt.

Labradorit 1
Augit 10 } Das geschmolzene Gemenge wurde gerührt.

Es bilden sich zahlreiche Kristalle von Augit, oft von beträchtlicher Größe, trotzdem die Abkühlung von 1240 auf 1130° (bei welchem das kristallisierte Gemenge fest wurde, da die Unterkühlung hier zirka 100° betrug), nur $1^1/_2$ Stunden dauerte. Von Labradorit ist nichts zu sehen; an einigen Stellen sind Spuren von Glas sichtbar.

Bei der Mischung Labradorit 1, Augit 5 scheidet sich nur wenig von ersterem aus, die Hauptmasse bildet der zuerst ausgeschiedene Augit.

Die Mischung Labradorit 2, Augit 1 ergibt unzweifelhaft zuerst Augit, dann Plagioklas, dann wieder Augite. Ein anderer Versuch ergab überhaupt fast nur Augit bei rascher Abkühlung. Lenarčič hatte jedoch das Gegenteil erhalten. Bei drei Versuchen ergab sich also ein entgegengesetztes Resultat (bei dem ersten war stark gerührt worden).

Die Mischung Labradorit 5, Augit 1 ergibt ein merkwürdiges Verhalten. Die Hauptmasse besteht aus einem lichten bis gelblichen Glase, in welchem viele sehr lange und schmale Labradoritleisten liegen, ohne Spur von Augit, an einer andern Stelle des Tiegels findet man aber dunkle, sphärulithisch ausgebildete Augite in einem Glas, in welchem wenig Plagioklas liegt. Der Augit ist hier der ältere, während an andern Stellen der Labradorit der ältere ist.

Demnach ist hier eine Art Differenziation eingetreten, die Hauptmasse besteht der chemischen Zusammensetzung der Schmelze nach aus Plagioklas, welcher in einem Glase liegt, ein kleinerer Teil zeigt früher ausgeschiedenen Augit im Glas. Ein größerer Unterschied scheint bezüglich der Altersfolge nicht vorzuliegen.

Die Schmelze 9 Labradorit, 1 Augit besteht zum größten Teil aus Plagioklasleisten, zwischen denen etwas farbloses Glas steckt, wahrscheinlich aus etwas Labradorit und Augit bestehend. Demnach wäre hier der Labradorit zuerst ausgeschieden, es ist dies aber auch nicht ganz allgemein der Fall, denn es zeigen sich an manchen Stellen rundliche Konkretionen, die aus bräunlichem Augit und kleinen Plagioklasleisten bestehen. In diesen schlierenartigen Ausscheidungen erkennt man, daß die Augite die ersten Bildungen sind oder daß zuerst ein Plagioklas, dann Augite, dann wieder Plagioklas sich ausgeschieden haben. An manchen Stellen des Schliffes liegen auch neben den Plagioklasen kleine Augitnadeln, das Ganze spricht für nahezu gleichzeitige Bildung respektive abwechselnde Bildung beider Komponenten.

Resultate der Kristallisationsversuche von Augit-Labradorgemengen.

Labradorit 1 Augit 20	Es bildet sich nur Augit, kein Glas.
Labradorit 1 Augit 10	Nur Augit, etwas Glas.
Labradorit 1 Augit 5	Augit zuerst, wenig Labradorit.
Labradorit 1 Augit 3	Nur Augit ist sichtbar.
Labradorit 1 Augit 2	Lenarčič erhielt bei Nichtrühren der Schmelze zuerst Ausscheidung von Labrador, bei Rühren derselben im Gegenteil zuerst Ausscheidung von Augit.
Labradorit 1 Augit 1	Nach Lenarčič ist Augit die erste Ausscheidung.

Labradorit 2 } Zumeist Augit, selten Labradorit als erste Aus-
Augit 1 } scheidung.

Labradorit 5 } An verschiedenen Stellen der Schmelze ver-
Augit 1 } schiedenes Resultat; doch herrscht als erste Ausscheidung der Augit vor.

Labradorit 9 } Hauptsächlich Labradorit als erste Aus-
Augit 1 } scheidung, dann auch abwechselnd Ausscheidung beider.

Aus allen Versuchen geht hervor, daß zumeist der Augit sich zuerst ausscheidet oder daß beide sich gleichzeitig ausscheiden. Der eutektische Punkt (natürlich nur bezogen auf die Gläser) liegt hier gegen Vogt's Voraussetzung bei dem höher schmelzenden Bestandteil. Die Unterkühlung und das Kristallisationsvermögen und die Kristallisationsgeschwindigkeit beeinflussen hier die Ausscheidungsfolge und der eutektische Punkt ist nur für die extremen Mischungen von Bedeutung, innerhalb eines großen Mischungsintervalls von $^1/_2$ bis zu $^9/_1$ scheiden sich bald das eine, bald das andere oder beide gleichzeitig aus; hier entscheiden die Temperaturverhältnisse.

Die Kurve der eutektischen Punkte ist auch nicht sehr regelmäßig, denn sie ist vom Verhältnisse 1 : 1 bis zum Augitpunkt fast horizontal, überhaupt sind die Schmelzpunktserniedrigungen, wenn wir von der Strecke zwischen den Mischungen 9 : 1 bis 2 : 1 absehen, nur geringe, 10 bis 20° unter dem Schmelzpunkte des Augits 1185°.

Mischungen von Albit und Diopsid.

Angewandt wurden Albit von Norwegen, Schmelzpunkt 1150 bis 1170° und Diopsid von Ala 1250 bis 1265°.

Mischung	2 Albit	T_1	1170°
	1 Diopsid	T_2	1200°

Das arithmetische Mittel ergibt 1195 bis 1205°. Das Glas schmilzt bei 1170 bis 1190°.

Mischung	1 Albit	T_1	1185°
	1 Diopsid	T_2	1200°

Das arithmetische Mittel gibt 1200 bis 1210°.

Mischung	1 Albit	T_1	1210°
	3 Diopsid	T_2	1220°

Das arithmetische Mittel ist 1220 bis 1240°, das aus beiden erhaltene Glas hat den Schmelzpunkt $T_1 = 1160°$, $T_2 = 1175°$, also etwas höher als reiner Albit, ebenso wie bei der Mischung

2 Albit
1 Diopsid.

Hier tritt aber etwas ein, was der allgemeinen Regel, daß das in größeren Mengen befindliche Mineral sich zuerst ausscheiden sollte, widerspricht. Es scheidet sich nur Diopsid aus und der Albit bleibt im Glas.

Die übrigen Schmelzen bleiben ganz glasig, wenn Albit stark vorwiegt.

Vielleicht ist es aber nur der Eigenschaft des Albites zuzuschreiben, daß derselbe überhaupt Neigung zur glasigen Erstarrung hat. Man hat daher bei der Altersfolge auch das Kristallisationsvermögen zu berücksichtigen.

Mischungen von Leucit und Augit.

Zum Versuche wurde angewandt Leucit vom Vesuv und Augit vom Monte Rossi (beide in Kristallen). Es wurde sowohl auf die Ausscheidungsfolge geprüft, als auch die Schmelzpunkte der Mischungen geprüft.

1 Leucit 4 Augit	Mischung	T_1 T_2	1185° 1205°
1 Leucit 4 Augit	Glas	T_1 T_2	1130° 1150°

Arithmetisches Mittel der Schmelzpunkte:

T_1	1204°
T_2	1220°

1 Leucit 1 Augit	Mischung	T_1 T_2	1195° 1220°
1 Leucit 1 Augit	Glas	T_1 T_2	1180° 1190°

Arithmetisches Mittel der Schmelzpunkte:

T_1	1240°
T_2	1257°

2 Leucit 1 Augit	Mischung	T_1 T_2	1250° 1280°
2 Leucit 1 Augit	Glas	T_1 T_2	1180° 1190°

Arithmetisches Mittel der Schmelzpunkte:

T_1	1260°
T_2	1278°

Bei der ersten Mischung scheidet sich zuerst Augit aus und der Leucit kommt nicht zum Vorschein; er bleibt in einem dunkelbraunen Glase. Augit ist also erst ausgeschiedener Bestandteil.

Als jedoch Impf-Leucit angewandt wurde, schied sich etwas Leucit aus.

Bei den übrigen Mischungen schied sich bei zwei viel Augit und wenig Leucit aus; das Resultat ist unsicher, es deutet auf abwechselndes Ausscheiden, wobei Augit aber als Erster erschien.

Die Mischung 2 Leucit / 1 Augit, welche ohne Impfmittel zur Erstarrung gebracht worden war, ergab nach dem Abkühlen eine Schmelze, welche, wie zu erwarten war, zum größeren Teile aus Leucit besteht. Hiebei macht sich aber eine gewisse Differenzierung sichtbar, so daß in einem Teile viel Leucit mit gelbem Glas und sehr wenig Augit, im andern viel Augit und weniger Leucit erscheint. Im allgemeinen erscheint der Leucit der ältere, in manchen Teilen aber ist auch Augit früher als Leucit ausgeschieden, da manche Leucite Augit enthalten; wahrscheinlich hat sich also zuerst wenig Leucit, dann Augit,

dann viel Leucit, dann wieder Augit ausgeschieden. Das Ausscheidungsintervall muß aber nicht sehr groß gewesen sein. Es wäre also hier ein abwechselndes Ausscheiden zu beobachten, mit Beginn von Leucit.

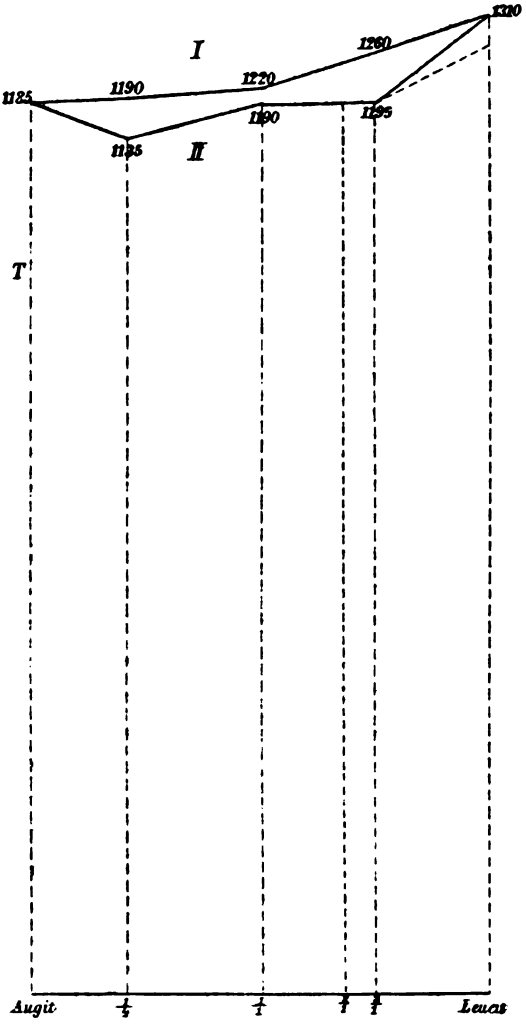


Fig. 4.

Leucit-Augit.

I. Kurve der Schmelzpunkte der Mineralgemenge.
II. Kurve der Schmelzpunkte der Gläser.

Bei den Mischungen Leucit-Augit ist also kein bedeutender Einfluß des eutektischen Punktes wahrnehmbar.

Mischung von Labradorit und Magnetit.

Magnetit ist nach Lenarčič in Labradorit bis zu einem bestimmten Verhältnisse, nämlich 1 : 5 löslich.

Ich habe nun die Schmelzpunkte dieser Gläser, erhalten durch Zusammenschmelzen von Magnetit und Labradorit, bestimmt.

20 Labradorit 1 Magnetit	Schmelzpunkt des Glases	T_1 1190° T_2 1200°
10 Labradorit 1 Magnetit	Schmelzpunkt des Glases	T_1 1205° T_2 1210°
5 Labradorit 1 Magnetit	Schmelzpunkt des Glases	T_1 1200° T_2 1205°
3 Labradorit 1 Magnetit	Schmelzpunkt des Glases	T_1 1160° T_2 1170°

Man sieht, daß mit Ausnahme der letzteren Mischung die Schmelzpunkte der Gläser oder Schmelzlösungen von Magnetit in Labrador geringe Unterschiede zeigen. Der Versuch II dürfte die geringste Genauigkeit beanspruchen, weil hier sich kleine Augite ausgeschieden haben, daher die Masse nicht ganz glasig ist und daher einen etwas höheren Schmelzpunkt hat. Auffallend ist der niedrige Schmelzpunkt des Gemenges 1 : 3; wie Lenarčič gezeigt hat, ist hier Magnetit ausgeschieden. Möglich, daß das Verhältnis 1 : 3 das eutektische ist für die beiden Mineralien Magnetit-Labradorit, andrerseits zeigt auch das Verhältnis 1 : 20 wieder eine kleine Schmelzpunktserniedrigung. Da Magnetit sich auch bei großem Überschuß des Labradorits 20 : 1 immer zuerst ausscheidet, so ist der eutektische Punkt belanglos.

Mischungen von Olivin und Labradorit.

Der früher erwähnte Labradorit von Kiew wurde mit einem Olivin, angeblich von Almeklovdal, zusammengeschmolzen,

dessen Schmelzpunkt ich früher bestimmte.[1] (Ob dieser Olivin wirklich von dort stammt, kann ich nicht mit Sicherheit behaupten, da ich ihn im Mineralienhandel unter dieser Etikette bezog, ohne für den Fundort garantieren zu können.) Dieser in größeren gelblichgrünen Körnern vorkommende Olivin hat eine ganz abnorme Zusammensetzung, wie folgende Analyse des Dr. J. Ippen zeigt. Es ist ein Kalkeisenolivin.

SiO_2	33·77
FeO	31·78
MgO	3·22
CaO	30·85
	99·62

Es ist ein magnesiaarmer, kalkiger Olivin. Derselbe hat die Eigenschaft, beim Schmelzen sich zu zersetzen und Magnetit abzuscheiden.

Der Schmelzpunkt des Olivins beträgt $T_1 = 1270$, $T_2 = 1285$.

	Schmelzpunkt des Mineralgemenges	Arithmetisches Mittel der Schmelzpunkte	Schmelzpunkt des durch Zusammenschmelzen beider Silikate erhaltenen Glases
1 Olivin	1200°	1220°	1170°
6 Labradorit	1210°		1180°
1 Olivin	1200°	1229°	1180°
3 Labradorit	1230°		1195°
1 Olivin	1210°	1230°	1120°
2 Labradorit	1240°		1140°
2 Olivin	1240°	—	1170°
1 Labradorit			1190°
3 Olivin	1240°	1265°	1180°
1 Labradorit	1270°		1190°

[1] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XXII, p. 304.

Der eutektische Punkt dürfte in der Nähe der Mischung 1 Olivin 2 Labradorit liegen, da hier der niedrigste Schmelzpunkt gefunden wird und auch eine bedeutende Erniedrigung stattfindet.

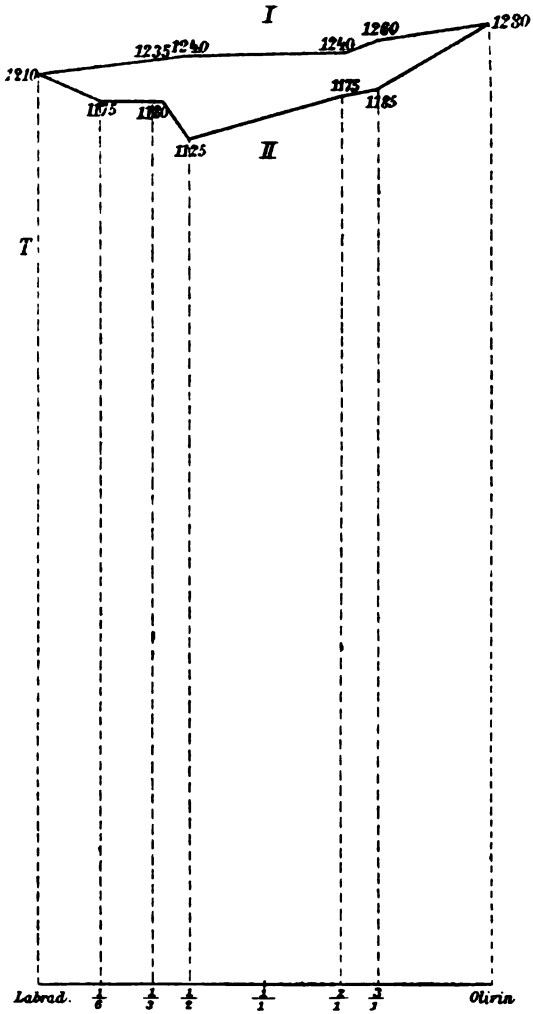


Fig. 5.

Olivin-Labradorit.

I. Kurve der Schmelzpunkte der Mineralgemenge.
II. Kurve der Schmelzpunkte der Gläser.

Was die Ausscheidungsfolge anbelangt, so hat Lenarčič nachgewiesen, daß in zwei Fällen der Olivin sich zuerst ausschied, nämlich bei der Mischung 1:6 und der 2:1. Bei allen Versuchen, welche ich ausführte, scheidet sich immer Olivin zuerst aus. Der eutektische Punkt ist hier für die Ausscheidungsfolge belanglos, denn Olivin scheidet sich immer von Silikaten zuerst aus, wie es auch in Gesteinen beobachtet ist, auch wenn er in kleinen Mengen vorhanden ist.

Mischungen von Akmit und Orthoklas.

Es wurden zwei Mineralien gewählt, deren Schmelzpunkte weit auseinander liegen. Der Schmelzpunkt des Akmits von Drammen ist 950 bis 975°, also zirka 965°, der des angewandten Orthoklases 1210 bis 1220° also zirka 1215°. Das Akmitglas schmilzt bei 910°, das Orthoklasglas bei 1195°.

			Schmelzpunkt des Glases
1 Orthoklas 1 Akmit	Mischung	T_1....1030° T_2....1050°	920° 935°
2 Orthoklas 1 Akmit	Mischung	T_1....1080° T_2....1100°	960° 970°
1 Orthoklas 4 Akmit	Mischung	T_1.... 990° T_2....1000°	900° 910°

Der Vergleich der Schmelzpunkte der Gläser (festen Lösungen von Akmit und Orthoklas) hat hier keinen Wert, da der geschmolzene Akmit in braunes Glas und sehr viel Magnetit zerfällt.

Der Schmelzpunkt des Akmitglases (welches aber gar nicht mehr dem Akmit, sondern einer andern Mischung entspricht), ist 900°, also zwischen den Akmit-Orthoklas — (auch zwischen Akmit-Leucit)gläsern und reinem Akmit sind die Differenzen nur zirka 20°. Man kann daher gar keine Gesetzmäßigkeit mehr beobachten, um so mehr als für die einzelnen Mischungen auch nur geringe Differenzen sich ergeben.

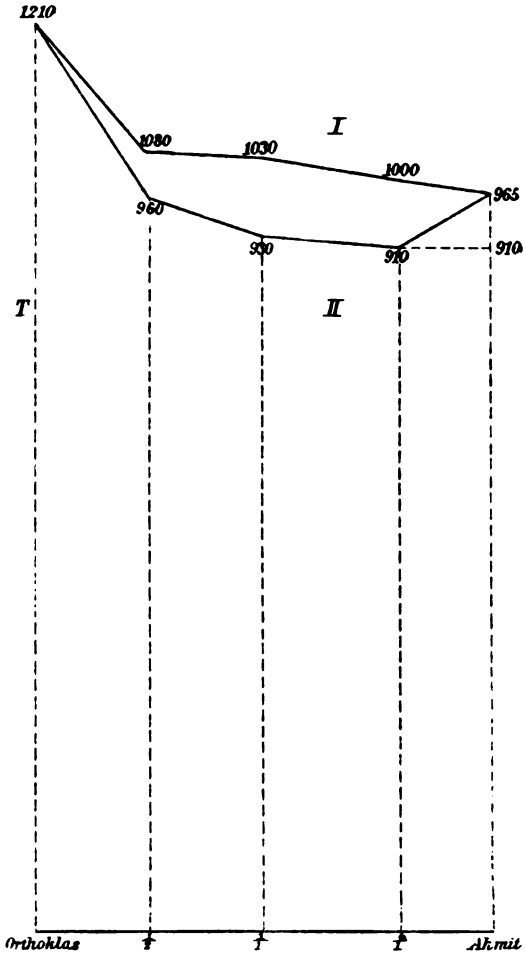


Fig. 6.

Orthoklas-Akmit.

I. Kurve der Schmelzpunkte der Mineralgemenge.
II. Kurve der Schmelzpunkte der Gläser.

Mischung von Änigmatit und Leucit.

2 Änigmatit
1 Leucit
} Mischung $T_1 = 1045°$. Beginn der Weichwerdung. $T_2 = 1095$ bis $1100°$. Flüssigkeitseintritt.

Die Erstarrung des auf 1175° erhitzten Gemenges erfolgte bei 1035°, die wieder erhitzte glasige Schmelze hat nunmehr einen niedrigen Schmelzpunkt (1070°).

Zu bemerken ist, daß das auf 1175° erhitzte Gemenge keine unversehrten Leucite enthält, wohl aber wasserhelle umgeschmolzene Leucite, die aber glasig waren. Gerührt war nicht worden.

3 Änigmatit } Mischung $T_1 = 1040°$. Beginn der Weichwerdung.
1 Leucit } $T_2 = 1065°$. Flüssigkeitszustand.

Nach Erhitzen auf 1170° erfolgte die Erstarrung bei 1020°. Bei Wiederschmelzen erfolgte das Schmelzen bei 1060°.

Die rasch abgekühlte glasige Schmelze zeigt einen Schmelzpunkt von 990 bis 1000°, also trat eine Erniedrigung von zirka 60 bis 70° ein.

Schmelzversuche unter dem Mikroskop.

Bei dem Studium der Ausscheidungsfolge ist es oft sehr schwierig zu entscheiden, welches Mineral das ältere ist. Die Idiomorphie respektive Allotriomorphie allein kann, wie J. Vogt richtig hervorhebt, nicht entscheidend sein. Sicher ist man bei der Umschließung eines Minerals durch ein anderes, aber bei nur teilweiser Umschließung kann schon Unsicherheit sich ergeben, z. B. bei Fayalit, welcher auf Fig. 13 von Vogt's Arbeit im Rhodonit steckt, kann wohl der erstere oder der zweite jünger sein, eine Entscheidung ist schwierig.

Wenn ein Mineral in rasch abgekühlten Partien im Glas steckt, so wird es auch in langsamer abgekühlten, wo das Glas in kristallinisches Aggregat umgewandelt ist, als das ältere zu betrachten sein, wie schon J. Vogt bemerkt; dagegen bin ich nicht der Ansicht, daß die größeren Kristalle stets die älteren sein müssen, denn hier kommt die Kristallisationsgeschwindigkeit in Betracht. Magnetit wird sich immer neben großen Augiten in kleineren Kristallen ausscheiden und trotzdem ist er der ältere. Magnetit hat zwar ein großes Kristallisationsvermögen, aber eine geringe Kristallisationsgeschwindigkeit.

Bei Beobachtungen unter dem Mikroskop ergeben sich allerdings auch bei der Erkennung Schwierigkeiten, auf die ich

p. 194 aufmerksam machte. Die Methode ist vorläufig noch ganz neu und muß erst ausgebildet werden. Jedenfalls lassen sich aber die Temperaturgrenzen der Ausscheidungsperioden bestimmen und die Gleichzeitigkeit von Ausscheidungen ist gut zu beobachten.

Erster Versuch. Die Mischung von 2 Olivin 1 Hedenbergit wird unter dem Mikroskop geschmolzen.

Bei 1130° Beginn des Schmelzens, bei 1180° starke Korrodierung des Olivins. Bei 1200° war noch ungeschmolzener Olivin in der flüssigen Masse vorhanden, selbst bei 1220° war dies noch der Fall. Nachdem auf 1250° erhitzt worden war, wird abgekühlt. Bei 1150° Bildung von Magnetit. Bei 1090° keine andere Ausscheidung. Hierauf Bildung von vielen kleinen Kristallen, welche als Olivin erkannt wurden. Bei 1010° viele Nadeln von Augit, welche sich noch bei 970° und jetzt in stärkerem Maße bilden. Die Reihenfolge ist: Magnetit, Olivin, Augit, Glas. Es fällt auf, daß verhältnismäßig wenig Olivin sich bildete.[1] Wichtig ist, daß erst bei 1150° und bis zu 970° Abscheidungen beobachtet werden.

Zweiter Versuch. Die Mischung, 2 Akmit 1 Orthoklas, wurde unter dem Mikroskop geschmolzen.

Bei 990 bis 1000° tritt Rundung einzelner Akmitkristalle ein. Bei 1025° sind diese ganz abgerundet, einzelne sichtbare, größere Orthoklase bleiben unversehrt, bei 1030°, beginnt das Lösen der Orthoklase, bei 1060° starke Abschmelzung letzterer, bei 1080° bildet sich in einzelnen Orthoklaskristallen Flüssigkeit, bei 1100° ist alles geschmolzen. Der Schmelzpunkt des Orthoklases wird also von 1210° auf 1100° herabgesetzt, denn das Auftreten von Flüssigkeit im Innern der Orthoklase deutet auf Schmelzung und nicht auf Lösung, die ja von außen gleichzeitig wirkt.

Abkühlung der Schmelze. Bei 1040° blieb das Gemenge flüssig, bei 1030° bildeten sich Magnetitkörnchen. Einzelne feine Nadeln, wohl Natroneisenaugit, entstehen bei

[1] Der angewandte Kalkeisenolivin hat die Eigenschaft, im Schmelzflusse Magneteisen abzugeben.

980°. Im Orthoklas sieht man einzelne Nadeln sich bilden. Bei 920° ist alles starr. Man überzeugt sich, daß Orthoklas glasig erstarrt ist. Das erste Erstarrungsprodukt ist Magnetit in Körnchen, Kriställchen und reihenförmigen Kristallaggregaten; derselbe bildet sich aus dem geschmolzenen Akmit. Hierauf folgt die Bildung von eisenreichem Augit bei 980° und bei 950 bis 940° die Erstarrung des Orthoklasglases. Die meisten Abscheidungen finden bei Temperaturen statt, bei welchen bereits Unterkühlung eingetreten war.

Dritter Versuch. 1 Diopsid 2 Albit wurden gemengt und unter dem Mikroskop geschmolzen.

Man beobachtet bei 1170° Schmelzen von einzelnen isolierten Albiten. Bei 1190° ist noch viel unveränderter Diopsid vorhanden, bei 1200° tritt totale Schmelzlösung ein. Bei der Abkühlung war bei 1165° noch keine Ausscheidung zu beobachten. Bei 1160° bilden sich faserige Diopside, bei 1140° kleine Diopsidmikrolithe. Bei 1050° sieht man Kriställchen, die ein anderes Aussehen haben wie die Diopside und möglicherweise Albite sind. Leider konnte infolge eines Unfalles der Versuch nicht weiter fortgesetzt werden. Die Ausscheidungsfolge entspricht nicht der Theorie, da sich zuerst Diopsid bildet. Die Bildung der Kriställchen erfolgt zum Teile im Stadium der Unterkühlung, der eutektische Punkt ist zirka 1160°.

Vierter Versuch. Ein Schliff eines Limburgits von Sasbach wurde unter dem Mikroskop geschmolzen.

Man sieht in diesem Schliff, welcher wohl nicht ganz dem eigentlichen Limburgit entspricht, große Augite, einen Hyalosiderit und mehrere Labradorite; sie liegen in einer schwärzlichbraunen, magnetitreichen, glasigen Grundmasse. Bei 1000° beginnt diese zu schmelzen, bei 1050° schmilzt sie gänzlich; es beginnen die früher erwähnten Einsprenglinge mit Ausnahme der Plagioklase korrodiert zu werden. Bei 1060° fängt die Korrosion der Plagioklase an, bei 1140° bedeutende Korrosion des Augites, der Augit zerbricht. Bei 1150° brechen die Plagioklase und schwimmen in der flüssigen Grundmasse, wie die fertigen Kristalle in der Lava. Bei 1180° ist der Augit geschmolzen. Bei 1195° fangen die Plagioklase an zu schmelzen (im Innern bildet

sich Flüssigkeit, die kleinen Plagioklase sind ganz verschwunden respektive gelöst).

Bei 1200 bis 1210° Schmelzen der größeren Plagioklase; die Maximaltemperatur betrug 1230°, hierauf wurde abgekühlt.

Bei 1170° scheidet sich Magnetit aus. Bei 1150° scheiden sich viele Augitnadeln aus, auch an den Stellen, wo die früheren Plagioklase lagen, ferner ein oder zwei stark brechende Kristalle, wahrscheinlich Olivin.

Bei 1140° vermehrte Augitnadelbildung. 1120° fortgesetzte Nadelbildung, Plagioklase. Bei 1065° Bildung von augitähnlichen Gebilden. Weitere Bildung von kleinen Magnetiten. Bei 1020° starke Bildung von Augit. Bei 960° Erstarrung.

Fünfter Versuch. Basalt von Zaffarana, unter dem Mikroskop geschmolzen.

Bei 1000° Beginn des Schmelzens, bei 1080° war das Ganze geschmolzen, es wurde noch bis 1140° erhitzt, dann abgekühlt.

Bei 1095° scheiden sich Magnetite aus, bei 1085° augitähnliche Bildungen (möglicherweise aber Olivin).

Bei 1080° Abscheidung von tafelartigen Plagioklasen, bei 1060° neuerliche Bildung von Plagioklasen; von 1030° bis 920° Bildung von zahlreichen Nadeln, deren Untersuchung ergab, daß sie Augite waren. Wir haben also abwechselnd Plagioklas und wieder Augit.

Sechster Versuch. Das Gemenge von 1 Anorthit 1 Hedenbergit wird unter dem Mikroskop geschmolzen.

Bei 1120° beginnt das Schmelzen. Bei 1170° ist das Gemenge flüssig, nachdem auf 1200° erhitzt war, wird abgekühlt.

Bei 1130° erfolgt Ausscheidung von Magnetit und Augit bei 1120° erfolgt die Ausscheidung weniger tafelartiger Kristalle, wahrscheinlich Plagioklase, bei 1100° scheidet sich noch Magnetit aus, bei 1080° begann wieder Ausscheidung von Augitnadeln.

Bei 1030° bildeten sich immer noch solche Nadeln, bei 1000° war alles fest. Es ergab sich, daß ein Teil glasig war; dieses Glas war sehr hell und daher wohl zum größeren Teil

aus Anorthit bestehend. Die Abkühlung dauerte 45 Minuten. Bei dieser verhältnismäßig raschen Abkühlung scheidet sich zuerst wenig Magnetit, dann Augit ab, aber ein großer Teil des Plagioklases bleibt im Glase.

Siebenter Versuch. Ein Glas von der Zusammensetzung 1 Leucit 4 Augit wurde unter dem Mikroskop geschmolzen.

Wir sahen bereits früher (p. 220), daß bei einem solchen Gemenge sich Augit zuerst ausscheidet und nur wenig Leucit, der zumeist im Glas bleibt. Zur Untersuchung des Erstarrungsvorganges war zuerst ein Glas aus den zwei Silikaten hergestellt worden und dann die Ausscheidung beobachtet. Dasselbe schmilzt bei zirka 1130°. Erst bei 1100° bilden sich Ausscheidungen, es sind kleine deutliche Augitnadeln, gleichzeitig und auch schon einige Grade höher kleine Mengen von Magnetit. Bei 1050° seltene rundliche winzige Leucitbildungen, bei 1000° wieder viel Augitnadeln.

Bei 980° sehr vereinzelte Magnetite. Bei 960° einzelne leucitähnliche Bildungen. Bei 950° Bildung von Augit in faserigen Aggregaten. Bei 940° Erstarrung.

Theorie der Silikatschmelzen.

Wie ich in der Einleitung bemerkte, halte ich es noch für etwas verfrüht, an die Theorie der Silikatschmelzen, als Lösungen betrachtet, zu schreiten.

Jedes Experiment kann neue Tatsachen zu Tage fördern und andrerseits wird manches von einem neuen Gesichtspunkt zu betrachten sein, wenn die physikalische Chemie sich mit den Silikaten mehr befaßt haben wird als bisher.

W. Meyerhoffer[1] hat nach dem Vorgange Ostwald's gezeigt, daß die Ausscheidungsfolge wesentlich von dem eutektischen Gemenge und der chemischen Zusammensetzung der Schmelze, verglichen mit jenem, abhängt.

Aber es ist die Meyerhoffer'sche Regel zahlreichen Einschränkungen unterworfen.

1. Durch chemische Umsetzungen, die in jedem Magma stattfinden und die man auch experimentell nachweisen kann,

[1] Z. f. Kristall., Bd. 36, p. 592.

wie die Versuche von Lenarčič[1] zeigen; es können sich verschiedene Mineralien (Magnetit, Spinell, Augit), die nicht der ursprünglichen Schmelze entsprechen, in der dissoziierten Schmelze bilden.

2. Durch die Unterkühlung respektive Übersättigung, welche Meyerhoffer selbst besonders betrachtet hat; ich halte dafür, daß bei Schlacken und verschiedenen synthetisch dargestellten Gesteinen, wo nicht gerührt wird, dies eintreten wird, wahrscheinlich auch bei Laven und namentlich bei Ganggesteinen.

Meyerhoffer's und Vogt's[2] Regel ist aber theoretisch deshalb unsicher, weil die Silikate nicht dem Raoult'schen, Gesetze folgen. Nur dann ist dies der Fall, wenn man statt der Mineralien die amorphen Gläser nimmt und die Schmelze als eine Lösung der Mineralien betrachtet, während sie eigentlich nur die der glasigen Modifikationen ist.

Wenn wir jedoch die Schmelzpunkte der festen Lösung, der Gläser mit den Schmelzpunkten der Mineralien vergleichen, so finden wir, daß ein eutektischer Punkt, unter dem Schmelzpunkte beider Komponenten gelegen, vorhanden ist und dann ist die Regel teilweise richtig, obgleich auch Ausnahmen vorkommen, von denen wir ja viele kennen gelernt haben, so daß sie eine Regel mit sehr vielen Ausnahmen wird.

Andrerseits habe ich Fälle erwähnt, bei denen eines der angewandten Silikate sich überhaupt nicht ausscheidet, entweder weil es glasig erstarrt oder aber, weil eine chemische Umsetzung stattfindet; so kann es vorkommen, daß eisenreichere Augite, Olivine sich in Magnetit und Glas umsetzen.

Vogt's und Meyerhoffer's Regel, wonach der eutektische Punkt ausschlaggebend ist, tritt also nicht immer ein. Bei überwiegendem Plagioklas kann sich auch Augit zuerst ausscheiden und der Olivin scheidet sich immer zuerst aus, auch wenn er in kleinen Mengen vorhanden ist; dasselbe gilt für Magnetit.

---

[1] Zentralblatt f. Min., Geol., 1903.

[2] Vogt hat übersehen, daß Meyerhoffer ganz mit Recht nur den Fall betrachtet, daß keine doppelten Umsetzungen stattfinden, dieser Fall ist aber ein seltener.

Das dürfte nicht möglich sein, wenn die Gesetze der verdünnten Lösungen ohne weiteres auf die Silikatschmelzen zu übertragen wären, es finden hier sehr komplexe Vorgänge statt, was auch schon Morozewicz hervorgehoben hat.

Der Olivin scheidet sich z. B. in Kombination mit Plagioklas immer zuerst ab, wo er nicht im Überschusse vorhanden ist und aus rascher gekühlten Schmelzen sogar oft allein; er kann auch kleine Mengen von Kalkfeldspat aufnehmen und verschlucken (vgl. p. 202). Bei der Kombination Augit-Olivin ergibt sich ein ähnliches Resultat. Bei Olivin-Magnetit ist dies auch der gewöhnliche Fall, die von Vogt abgebildeten Olivine mit zonarem Magnetit ähneln manchen Schichtkristallen. Selbstverständlich kann aber auch mitunter infolge chemischer Reaktion Neubildung erfolgen und das scheint bei unterkühlter Lösung zu erfolgen. Solche Fälle, wo Olivin sich zuerst ausscheidet vor Magnetit, erwähnte Morozewicz. (Es wird sich die Notwendigkeit ergeben, die Mischungsreihe Olivin-Magnetit zu behandeln.)

Magnetit ist in Olivin löslich, bei Abkühlung tritt für eine gewisse Temperatur Übersättigung ein, von Magnetit scheidet sich ein Teil ab, dann wird der übersättigte Olivin ausgeschieden, hierauf wieder der Rest des Magnetits, der bei der ermäßigten Temperatur nicht mehr löslich ist, wieder ausgeschieden, es entstehen Olivinkristalle mit Magnetitzonen.[1] Zur Beobachtung solcher Vorgänge wird sich das Kristallisationsmikroskop besonders eignen.

Bei Labradorit und Magnetit, bei welchen die Schmelzpunkte um zirka 50° differieren, liegt der eutektische Punkt (immer vorausgesetzt, daß man von einem solchen sprechen kann), trotz der geringen Differenz in der Nähe des Labradorits.

Bei Labradorit und Augit, deren Schmelzpunkte nur wenig voneinander differieren, liegt der eutektische Punkt bei der Mischung: 5 Labradorit 1 Augit, also näher bei dem schwer schmelzbaren Mineral. Hier bestätigt sich die Vogt'sche Regel nicht, ebenso wenig, wie bei dem ebenerwähnten Fall.

---

[1] Ähnlich scheint der Vorgang der Mischkristalle von Jod und Jodkalium (Sommerfeldt, N. J. f. Min. 1902, II, 61).

Es gibt daher sicher viele Fälle, wo die Ausscheidungsfolge nicht von dem Mengenverhältnisse abhängt, wie die Kombinationen von Augit, Labrador mit Olivin zeigen. Ich finde also, daß die Vogt'sche Regel viele Ausnahmen zeigt. Bei geringen Unterschieden der Schmelzpunkte liegt der eutektische Punkt nicht sehr tief und da scheidet sich bald das eine, bald das andere früher aus. Sehr wichtig sind daher die Temperaturverhältnisse, auf deren Bedeutung ich schon früher hingewiesen habe.[1]

Indessen hängt gewiß in manchen einfachen Fällen, in welchen die erwähnten Komplikationen nicht eintreten, die Ausscheidungsfolge von dem eutektischen Punkte ab, wie es Meyerhoffer gezeigt hat und wir haben ja einige Mischungsreihen kennen gelernt. Aber der Einfluß der andern Faktoren Abkühlungsverhältnisse, Übersättigung, Dissoziation, Impfung, Kristallisationsvermögen, Kristallisationsgeschwindigkeit, ferner der in der Lösung vor sich gehenden chemischen Reaktionen darf nicht unterschätzt werden. Die Versuche unter dem Mikroskop zeigen, daß die Ausscheidung zum größeren Teile im Stadium der Unterkühlung vor sich geht, wo die eutektische Regel nicht mehr gilt, d. h. modifiziert werden muß. Wir haben auch Einfluß von Rühren respektive Schütteln kennen gelernt.

Auch die Dissoziation und das Vorhandensein von Keimen der in der Lösung dissoziierten Verbindungen sind von Einfluß. Erst in letzter Linie ist zu nennen der Schmelzpunkt. Der Schmelzpunkt ist namentlich dort von Einfluß, wo die Schmelzpunkte sehr voneinander verschieden sind, da scheidet sich vielleicht das hochschmelzende Mineral früher aus, wie schon in früherer Zeit hervorgehoben worden ist; aber das ist ein seltener Fall und im allgemeinen hat der Schmelzpunkt keine Bedeutung.

Einfluß der Schmelzpunkte.

Daß die Schmelzpunkte auch bei der von mir schon 1890 vertretenen Ansicht, es seien die Gesteinsmagmen Lösungen,

[1] Zentralblatt 1902, 546.

eine gewisse Wichtigkeit besitzen, hatte ich[1] früher betont. Brauns[2] schreibt wie Meyerhoffer[3] den Schmelzpunkten gar keine Bedeutung zu im Gegensatz zu Becke.[4]

Vogt[5] bestätigt dies ebenfalls; obzwar er in früheren Arbeiten jenen keine Bedeutung beilegte und obgleich er im ersten Teile seiner Arbeit das einzige Gewicht auf seine Individualisationsgrenzen, d. h. auf die Azidität der Schmelze legt und diese durch die Lage des eutektischen Punktes erklärt, so sieht er sich doch im weiteren Verfolge seiner Studien genötigt, einen zweiten Gesichtspunkt heranzuziehen, den Schmelzpunkt. Das sind aber Gesichtspunkte, die sich nicht ganz decken. Ich lege jedoch heute dem Schmelzpunkte keine große Bedeutung bei. Es ist auch nicht richtig, wie Vogt meint, daß die Schmelzpunkte der basischen Mineralien höher sind wie die der sauren; ein Zusammenhang existiert nicht zwischen Schmelzpunkt und Basizität (höchstens bei den isomorphen Mischungen).

Vogt glaubt aus der Formel

$$e = 0{\cdot}02 \times \frac{T^2}{\lambda}$$

schließen zu können, daß die Ausscheidung von dem Schmelzpunkt abhänge, da T, zum Quadrat erhoben, ausschlaggebend sei. Es ist aber noch sehr fraglich, ob die Formel überhaupt anwendbar ist. Man darf keinesfalls den Einfluß der Schmelzpunkte überschätzen. Vor allem sind bei Silikaten, wenigstens bei den gesteinsbildenden, die Schmelzpunktsdifferenzen sehr geringfügige, wenn man von Leucit und Olivin einerseits, von einigen Natron-Augiten und Hornblenden andrerseits absteht. Quarz kommt nur bei Ausscheidung in Gegenwart von Wasser in Betracht. Wir haben aber an zahlreichen Beispielen gesehen, daß die Schmelzpunkte der Feldspate,

---

[1] Chemische Mineralogie, p. 213.
[2] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XIV.
[3] Z. f. Kristall., Bd. III, p. 592.
[4] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XVI.
[5] L. c. p. 160.

Augite, Nepheline keine Rolle spielen, hier hängt alles von den erwähnten Faktoren ab.

Es geht aus meinen zahlreichen Messungen kristallisierter Silikate hervor, daß die Schmelzpunkte derselben, wenn man sich an die gesteinsbildenden Silikate hält, nur in geringen Grenzen variieren.[1] Zwischen 1150 bis 1250° liegen fast alle Schmelzpunkte der Silikate, nämlich sämtlicher Feldspate, Augite, Hornblenden (mit Ausnahme der seltenen Akmite, Änigmatite), Glimmer, einem Teil der Olivine und des Nephelins. Nur Leucit und eisenarmer Olivin schmelzen um 60 bis 80° höher.

Ferner wissen wir aus den von Vogt zitierten Bestimmungen Ackerman's, daß die Schmelzwärmen der Silikate nur wenig voneinander differieren.

Anders verhält es sich mit isomorphen Mischungen respektive solchen Mischlingskristallen. Hier wird die schwerer schmelzbare Komponente zuerst sich ausscheiden, wie z. B. bei den Plagioklasen. Darauf werde ich später noch zurückkommen. Bei den Plagioklasen scheidet sich Anorthit zuerst ab, wie Becke bereits früher behauptet hat.

Bei vielen Mineralien von hohem Schmelzpunkte dürfte das beobachtete Auftreten als erste Ausscheidung gar nicht vom Schmelzpunkte abhängen. Man kann allerdings annehmen, daß die eutektische Mischung mit der niedriger schmelzenden Komponente nahezu zusammenfällt, das müßte aber durch Beobachtungen respektive Messungen bewiesen werden, wenn es auch denkbar ist. Es scheint, daß die betreffenden Verbindungen überhaupt schwer löslich sind, sonst könnten sie sich nicht so früh ausscheiden und das zeigen hier einige meiner früheren Versuche. Nehmen wir Magnetit, welcher zumeist bei der Ausscheidung den Anfang macht.

Die Bildung des Magnetits geht in der Silikatlösung durch Verbindung von Fe_2O_3 und FeO vor sich, da die dissoziierte Schmelze beide enthält. Magnetit bildet sich auch dort, wo man Schmelzen vor sich hat, die keinen Magnetit vor dem Schmelzen zeigten. Diese Reaktion beginnt bei der Abkühlung (beim Auf-

[1] Zu demselben Resultate gelangt für künstliche Silikatmischungen von Na_2SiO_3 und $CaSiO_3$ Kultuschoff (Zeitschr. f. anorgan. Chemie, 1903).

hören der Dissoziation), hält aber lange an. Unter dem Mikroskop beobachtet man wiederholte Abscheidung von Magnetit, obgleich ich immer beobachtete, daß der Anfang der Abscheidung dem Magnetit zufällt.

Die Löslichkeit des Magnetits in Albit, Labrador, Anorthit, Augit ist groß, sie hängt aber von der Temperatur ab; da Magnetit ungefähr 5 bis 10% eines Gesteins bildet, so muß er z. B. bei 1220 bis 1250°, nach Versuchen von Lenarčič, im feldspatreichen Magma löslich sein. Nun zeigt aber die Untersuchung unter dem Mikroskop, daß sich Magnetit nicht über 1200° ausscheidet, zumeist weit unter dieser Temperatur, bei dieser ist Magnetit nicht mehr löslich. Die Magnetitbildung kann aber auch, wie die Untersuchungen unter dem Mikroskop zeigen, nach der Augit- und der Plagioklasbildung sich noch fortsetzen, sie wird eben aufhören, wenn die Löslichkeit bei bestimmter Temperatur erreicht ist und bei einer niedrigeren Temperatur wieder beginnen, da für diese ein anderer Löslichkeitsgrad bedingt ist.

Die frühe Ausscheidung mancher akzessorischen Bestandteile: Apatit, Zirkon, Korund dürfte davon herrühren, daß das Silikatmagma davon nur wenig aufzulösen vermag und daher diese bei der Abkühlung sich ausscheiden. Korund[1] ist, wie aus meinen Versuchen hervorgeht, in den Magmen weniger löslich als andere Mineralien, ebenso hat jedenfalls Zirkon auch dieselbe Eigenschaft. (Diese Körper haben geringes Leitvermögen.)

Alle diese Mineralien haben auch hohen Schmelzpunkt und Mineralien von hohem Schmelzpunkt können sich zuerst ausscheiden, wenn die Lösung noch sehr flüssig ist und eine hohe Temperatur besitzt, es sind solche, welche in der betreffenden Lösung wenig löslich sind. Siehe darüber meine Versuche (Tschermak, Bd. XXI, 1902).

[1] Die Tatsache, daß z. B. Lagorio (Z. f. Kristall., Bd. XXIV, p. 291) in verschiedenen Gesteinen bei längerer Behandlung in Schmelzlösung Korund auflösen konnte, ändert daran nichts, denn bei genügender Zeit und hoher Temperatur müssen Versuche, bei welchen kleinere Mengen in größeren Mengen von Silikatschmelzen eingetaucht waren, immer schließlich zu einer Lösung der eingetauchten Mineralien führen. Man wird nur beobachten können, daß dies bei einem schneller, bei anderen langsamer geschieht, daher letztere schwerer löslich sind; zu diesen gehört unter andern der Korund.

Vogt[1] bezeichnet Rosenbusch's Satz, daß die in geringen Mengen vorhandenen Substanzen früher auskristallisieren, als direkt falsch, da gerade der umgekehrte Fall richtig sei, auch streitet der Satz gegen die Fundamente der Lösungstheorie. Ich habe bereits früher Ähnliches gesagt.[2] Es entspricht aber dieser Satz einer gewissen Erfahrung und er wird durch die Versuche bestätigt, nur muß er anders erklärt werden. Nicht wegen, sondern trotz der geringen Menge scheiden sich jene Stoffe zuerst aus.

Die von Rosenbusch hervorgehobene Tatsache ist nicht unrichtig, aber die Erklärung kann nicht anerkannt werden, nur diese ist unrichtig. Warum scheiden sich aber jene Mineralien früher ab? Spinell, Korund, Titanit, zum Teil Olivin sind in den betreffenden Schmelzen bei der Ausscheidungstemperatur schwer löslich und können sich daher abscheiden, ohne daß sie wieder gelöst werden. Diese Körper sind zum Teil durch chemische Reaktion in der dissoziierten Lösung entstanden. Die einfachen Verbindungen bilden sich zuerst infolge der Affinität der freien Oxyde, sie können infolge ihrer schwereren Löslichkeit und nicht wegen ihrer größeren Schmelzbarkeit zur Ausscheidung gelangen. Hier wäre eher ein gewisser Einfluß der Leitfähigkeit denkbar.

Bei Magnetit wäre aber auch zu beachten, daß bei rascher und langsamer Abkühlung die Ausscheidung nicht immer dieselbe ist. Bei rascher Abkühlung scheidet sich naturgemäß weniger ab,[3] wie aus den Versuchen von Lenarčič hervorgeht, da sich eine feste unterkühlte Lösung bildet.

Daß der Schmelzpunkt des Magnetits bei seiner frühen Abscheidung nicht in Frage kommt, braucht wohl nicht nochmals ausgeführt zu werden. Die Ursache ist in der Dissoziation der Oxyde gelegen und der schweren Löslichkeit.

Ich glaube daher, daß nur bei isomorphen Mischungen, z. B. bei den Plagioklasen, das schwerer schmelzbare Silikat sich zuerst abscheidet, daß aber sonst der Schmelzpunkt nur einen indirekten Einfluß hat. Nur werden sich bei hoher Tempe-

[1] L. c. p. 160.

[2] Zentralblatt 1902, p. 542.

[3] Vergl. Morozewicz, Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XVIII.

ratur, z. B. bei 1200°, keine Verbindungen ausscheiden können, die einen niedrigeren Schmelzpunkt haben. Vielleicht scheidet sich oft bei raschem Abkühlen deshalb Spinell und nicht der isomorphe Magnetit ab, da der Schmelzpunkt des letzteren 50° niedriger ist.[1] Die Ursache, weshalb sich Olivin, Korund früher ausscheiden, wird nicht in der Schmelzbarkeit zu suchen sein, sondern hauptsächlich in ihrer Schwerlöslichkeit bei der betreffenden Temperatur.

Auch die Ansicht Vogt's, daß der Einfluß der Schmelzpunkte aus der durch diese beeinflußten Lage des eutektischen Punktes zu suchen sei, scheint mir nicht richtig. Aus den Beobachtungen der Erstarrung unter dem Mikroskop ergibt sich, daß die Erstarrungen bei verhältnismäßig niedriger Temperatur im unterkühlten Zustande stattfinden, bei meinen bisherigen Versuchen von 1180° abwärts, also in einem Temperaturgebiete, welches bereits unter dem der meisten Schmelzpunkte der gesteinsbildenden Mineralien liegt, der Schmelzpunkt kann hier keinen Einfluß mehr haben, sondern nur die Löslichkeit, meistens sind aber die schwer schmelzbaren Mineralien auch die schwer löslichen, wie ich schon früher betont habe,[2] und diese Koinzidenz führte dazu, den Schmelzpunkt als die Ursache der früheren Abscheidung anzusehen.

Einfluß des eutektischen Punktes.

Vogt zieht aus den Erfahrungen bei den Legierungen den Schluß, daß der eutektische Punkt zwischen zwei im Schmelzpunkte sehr bedeutend voneinander abweichenden Mineralien ganz in der Nähe des leicht schmelzbaren liegen muß. Versuche liegen nicht vor, es ist aber diese Ansicht wohl richtig (immer vorausgesetzt, daß es sich um den Schmelzpunkt von entsprechenden Gläsern handelt) und sie wird durch die Beobachtung an Gesteinen und künstlichen Schmelzen bestätigt.[3]

---

[1] Und wohl auch deshalb, weil Magnetit bei so hoher Temperatur auch ganz gelöst würde.

[2] Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, Bd. XX, 1901.

[3] Mit Ausnahme des Quarzes, denn dieser ist nicht ein mäßig schwer schmelzbares Mineral, sondern eines der schwerst schmelzbaren. Sein Schmelzpunkt differiert von dem des Korundes (nach einer Mitteilung des Herrn

Wir haben jedoch gesehen, daß die Schmelzpunkte der Mineralgemenge, wenn wir darunter den Punkt verstehen, wo nicht nur eines derselben flüssig ist, sondern denjenigen, wo auch das zweite im Schwinden begriffen ist, ziemlich dem arithmetischen Mittel der Schmelzpunkte entsprechen.

Der Erweichungspunkt kann allerdings, namentlich bei Mineralgemengen von ungleichem Schmelzpunkte, ziemlich tief unter diesem liegen, aber stets höher als der Schmelzpunkt der niedriger schmelzbaren Komponente. Aber dieser Erweichungspunkt gibt keinen Gleichgewichtspunkt an, denn bei dieser Temperatur ist ein Teil der schwerer schmelzbaren Komponente noch ungelöst. Will man dagegen den Punkt angeben, wo alles flüssig ist, so muß man bei den erprobten Mischungen die Temperatur um 30 bis 60° steigern. Es hat also dieser Erweichungspunkt keine Bedeutung. Erweichung tritt ein, wenn ein Teil der Mischung flüssig geworden ist.

Aus den Versuchen von Michaela Wutschnik geht hervor, daß bei Albit-Diopsid die Gläser verschiedener Mischungen fast denselben Schmelzpunkt zeigen; ebenso bei Leucit-Akmitmischungen. Bei Hedenbergit-Anorthitgemengen liegen die Schmelzpunkte der Gläser über dem des Hedenbergits.

Wir wollen aber, trotzdem hierin zwischen Silikaten und andern Verbindungen ein Unterschied existiert (vergl. darüber p. 198), von diesem vorläufig absehen und die eutektischen Punkte vergleichen. Solche sind zu beobachten, wenn wir die Ausscheidungspunkte der Mineralien vergleichen statt der Schmelzpunkte.

Dr. Küch in Hanau) nur um zirka 100°. Was den Quarz anbelangt, der sich in den Gesteinen, auch wenn er in größeren Mengen vorkommt, zuletzt bildet, so wäre es möglich, daß er durch die Wechselwirkung des Wassers und der Kieselsäure auf die Basen entsteht. Wie Arrhenius gezeigt hat, ist Wasser bei hoher Temperatur im stande, Kieselsäure zu verdrängen und sich mit den Basen zu verbinden. Wenn nun die Temperatur sinkt, so wird dieses Wasser wieder von der Kieselsäure verdrängt. Ist diese aber in größerer Menge vorhanden, als zur Sättigung der Basen notwendig, so wird sie sich zum Schlusse, nachdem alle Verbindungen sich abgeschieden, ebenfalls absetzen. Die Tatsache, daß Quarz sich sehr spät ausscheidet, kann aus der Lage des eutektischen Punktes nicht erklärt werden, denn hier müßte dasselbe wie bei Spinell eintreten.

Sind Silikatschmelzen mit verdünnten Lösungen vergleichbar und gelten für sie die Gesetze der Lösungen? Obgleich wir einen direkten Beweis dafür nicht haben, so ist doch die Wahrscheinlichkeit vorhanden; nur sind Gesteine keine verdünnten Lösungen, sondern konzentrierte. Wenn Labradorit, Magnetit, Augit in einem Gestein vorhanden sind, so war die Lösung nur für den gelösten Magnetit und für die akzessorischen Gemengteile, wie Apatit, Erze eine verdünnte, nicht aber für Labradorit und Augit. Gerade aber der in geringsten Mengen vorhandene Bestandteil scheidet sich zuerst ab. Dies hat wohl Rosenbusch zu seiner früher erwähnten Regel geführt, die aber bei den Hauptbestandteilen nicht immer zutrifft. Die Ausscheidung dieser Stoffe ist aber teilweise auf etwas anderes zurückzuführen, wie wir früher sahen, auf Dissoziation und chemische Umsetzung. Die einfachen Verbindungen scheiden sich zuerst ab vor den komplizierten Molekülgruppen.

Anwendung der Gesetze verdünnter Lösungen auf Silikatschmelzen.

Das Raoult'sche Gesetz lautet bekanntlich:

»Löst man in einem beliebigen Lösungmittel äquimolekulare Mengen beliebiger Substanzen auf, so wird der Gefrierpunkt um gleich viel erniedrigt.«

Wir sahen, daß der Gefrierpunkt der Gläser tatsächlich erniedrigt wird, aber nicht der Schmelzpunkt der Silikate.

Unter Zuhilfenahme der Regel van t'Hoff's ergibt sich der Satz der physikalischen Chemie:[1]

1. Zusatz eines fremden Stoffes erniedrigt in allen Fällen den Gefrierpunkt.

2. Die durch den fremden Stoff hervorgerufene Gefrierpunktserniedrigung des Lösungsmittels ist seiner Konzentration in der Mehrzahl der Fälle proportional (Blagden) in allen Fällen nämlich, wo der gelöste Stoff im Zustande der Lösung auf einheitlichen, nicht im Dissoziations- oder Polymerisationszustande befindlichen Molekülen besteht.

---

[1] Nernst, Theoret. Chemie, 459.

Letzteres ist uns nun unbekannt und es müßte für viele Mischungen zweier Mineralien Proportionalität konstatiert werden, um schließen zu können, daß bei Anwendung des kleinsten Molekulargewichtes in der Formel, z. B. $NaAlSi_3O_8$, $KAlSi_2O_6$, $CaMgSi_2O_6$ keine polymeren Moleküle vorhanden sind. Ich glaube eher, daß Polymerie vorliegt, obgleich dies heute noch nicht entschieden ist.

Die Gefrierpunktserniedrigung berechnen wir aus der Formel van t'Hoff's

$$t = \frac{m}{M} \times \frac{0{\cdot}02\, T^2}{\lambda}$$

wobei $m\,g$ des zugesetzten Stoffes auf $100\,g$ des Lösungsmittels kommen. M ist das Molekulargewicht des zugesetzten Stoffes; T die Schmelztemperatur des lösenden Stoffes in absoluter Zählung, λ die Schmelzwärme in g cal. pro g Substanz. Ob diese Formel mit Rücksicht auf die Dissoziation und mögliche Polymerisation gültig, ist wohl sehr fraglich.

Wenn aber J. Vogt behauptet, daß er aus sechs Mineralgemengen die Werte für λ und T eingesetzt habe und die Beobachtung mit der Berechnung stimme und daß ferner das Molekulargewicht der gelösten Mineralien dasselbe sei wie das chemische Molekül, so kann man vorläufig eine derartige Behauptung nicht als richtig anerkennen.

Wir wollen davon absehen, daß er die latente Schmelzwärme zu ein Fünftel der gesamten Schmelzwärme annimmt, vor allem ist die Bestimmung der Schmelzpunktserniedrigung keine genaue und auch die Schmelzpunkte in absoluter Zählung sind nicht genau. Was wir bestimmen, sind relative Werte. Sind hier schon Irrtümer von $\pm$ 20° ganz sicher, so können alle Werte noch Irrtümern ausgesetzt sein, die sie noch um weitere $\pm$ 20 bis 30° ändern würden. Dieselbe und eher noch eine größere Unsicherheit herrscht bei der Bestimmung der molekularen Schmelzpunktserniedrigung und ebenso bei ihrer Berechnung (wobei der Fehler von T in der zweiten Potenz erscheint).

Aber bei der Anwendung der Formel stoßen wir noch auf fernere Schwierigkeiten. Vor allem haben wir es fast nie mit

verdünnten, sondern mit sehr konzentrierten, teilweise übersättigten Lösungen zu tun. Der Dissoziationsgrad bleibt ebenfalls unberücksichtigt.

Bei der Berechnung der Gefrierpunktserniedrigung mit der Beobachtung ergibt sich keine Übereinstimmung, denn sie wechselt oft nur wenig bei verschiedenen Konzentrationen, bei molekularen Mischungen in verschiedenen Verhältnissen, z. B. Albit-Hedenbergit, Akmit-Orthoklas, Anorthit-Hedenbergit, sind die Differenzen oft nur 20 bis 30°. Da aber die Bestimmung selbst mit einem großen Beobachtungsfehler von 40° behaftet ist, so ist die für e eingesetzte Zahl ganz unsicher. Ebenso ist T unsicher und auch für λ haben wir keine genauen Werte.

Wenn also T, λ so stark schwanken, so hat eine Berechnung wohl keinen Wert, und wenn in einigen Fällen Beobachtung und Berechnung stimmen, so kann dies auch nur ein Zufall sein, indem die Fehler sich gegenseitig aufheben. Solche Berechnungen entbehren der Beweiskraft.

Es geht aus der Formel hervor, daß, wenn die Gesetze der molekularen Gefrierpunktserniederung anwendbar wären, die verschiedenen Mischungen von Augit-Leucit, Leucit-Akmit, Anorthit-Hedenbergit bei den angewandten Konzentrationen Schmelzpunktserniedrigungen zeigen müßten, die je nach dem Mischungsverhältnisse Differenzen von 100 bis 50° zeigen müßten, sie zeigen aber nur solche von 20 bis 30°. Der Schmelzpunkt eines Akmit-Leucitglases z. B. variiert sehr wenig, ob das Verhältnis der beiden angewandten Mineralien nun 1 : 2 oder 1 : 1 ist.

Die verschiedenen Hedenbergit-Anorthitgläser zeigen trotz der Verschiedenheit der Mischungen keine bedeutenden Unterschiede im Schmelzpunkte, jedenfalls weit geringere als die Mischungen der kristallisierten Verbindungen selbst, deren Schmelzpunktserniedrigung aber nur eine einseitige ist.

Es ist also, wie aus den Versuchen hervorgeht, die Gefrierpunktserniedrigung nicht der Konzentration proportional, daher müßte der gelöste Stoff eher aus polymerisierten Molekülen bestehen, also ganz das Gegenteil von dem, was J. Vogt behauptet, würde eintreten. Gerade die Tatsache, daß die Schmelzpunktserniedrigungen bei sehr verschiedener Konzentration wenig

Unterschiede zeigen, führt zu dem Resultate, daß, wenn wir überhaupt berechtigt wären, was noch sehr fraglich ist, die Formel

$$\frac{m}{M} \times \frac{0{\cdot}02\ T^2}{\lambda}$$

gelten zu lassen, der Faktor M sehr groß sein muß, um bei Variationen von m zwischen 10 bis 50° so kleine Differenzen hervorzubringen, daher eher anzunehmen wäre, daß die einfachen Molekularzahlen nicht die richtigen sind, sondern Vielfache derselben.

In vielen Fällen kommt dazu, daß sich bei dem Schmelzen zweier Körper ein dritter bildet, wodurch die Anwendbarkeit der Formel aufhört, z. B. bei Akmit und Orthoklas erhalten wir Magnetit und Glas und in vielen andern Fällen bilden sich neue Stoffe. Dadurch wird die Sachlage sehr kompliziert.

Abgesehen davon findet aber auch in manchen Fällen bei solchen »festen Schmelzlösungen« gar keine Schmelzpunktserniedrigung unter den Schmelzpunkt des niedrigst schmelzenden Körpers statt, sondern mitunter sogar eine Erhöhung. Wenn man nun noch dazu berücksichtigt, daß die feste Lösung eigentlich etwas ganz anderes ist als das Mineralgemenge selbst, daß die Schmelzpunkte der Silikatgemenge eher additive Eigenschaften der Komponenten sind und daß nur in wenigen Fällen eine wirkliche Schmelzpunktserniedrigung eintritt, so wird man zu dem Resultate kommen, daß die Gesetze für die Silikatschmelzen vielleicht manche Abweichungen von denen der verdünnten Lösungen zeigen.

Die Ursache dieser Abweichungen ist darin zu suchen, daß wir es mit konzentrierten Lösungen zu tun haben, vielleicht auch in der Komplexität der Silikatmoleküle und in dem verschiedenen Dissoziationsgrad.

In der Schmelzlösung sind verschiedene Gruppen dissoziiert, z. B. FeO, MgO, Al_2O_3, SiO_2, Fe_2O_3, außerdem die Silikate $KAlSi_2O_6$, $KAlSi_3O_8$, Ca_2AlSiO_6 neben den freien Ionen.

Bei der Erstarrung verbinden sich zuerst FeO, MgO mit Al_2O_3 oder Fe_2O_3, MgO mit SiO_2 zu Orthosilikat, später kommen

die komplizierten Gruppen, es finden also Reaktionen statt. Sind große Überschüsse von Al_2O_3 vorhanden, so können sie sich als Korund ausscheiden, es hängt dies vom Aziditätsgrad ab.[1]

Bei Feldspaten, Leucit, Tonerde-Augit etc. spielt dieser eine geringere Rolle, hier kann beispielsweise Ca O oder Al_2O_3 bald in die Feldspate, bald in die Augite hineingehen. Die Kaliumverbindung kann bald als Orthoklas oder als Leucit erstarren. Die einfachen Verbindungen scheiden sich zuerst ab, dann folgen die komplizierten, und es bilden sich durch Reaktion beim Zusammenschmelzen neue Stoffe.

Die Schmelzen stellen nun eine elektrisch dissoziierte Lösung dar, aber der Dissoziationsgrad ist kein großer, es ist zweifelhaft, ob viele freie Ionen vorhanden sind, wohl aber ist es wahrscheinlich, daß die einfachen Oxyde vorhanden sind. Ferner dürften auch kompliziertere Gruppen in der Lösung vorhanden sein, und zwar gerade die am häufigsten sich ausscheidenden Silikate.[2]

Ich halte trotzdem für wahrscheinlich, daß die Schmelzen Lösungen darstellen und daß die Lösungsgesetze, allerdings nur annähernd, wohl Geltung haben mögen, obgleich wir einen wichtigen Unterschied gefunden haben, daß die kristallisierten Silikate dem Raoult'schen Gesetze nicht folgen.

Eine Analogie finden wir in der Ausscheidungsfolge der Hauptbestandteile, ferner in der Dissoziation der geschmolzenen Magmen, die durch die Impffähigkeit bewiesen wird, ferner in dem Umstande, daß die Schmelzen bei Elektrolyse sich ähnlich wie Lösungen verhalten, wie direkte Versuche von mir bewiesen haben.[3]

Was nun die eutektischen Punkte und ihren Zusammenhang mit dem »Aziditätsgrade« betrifft, so ist allerdings zu konstatieren, daß bei Mischungen, in welchen Magnetit, Olivin, Diopsid, Spinell vorhanden ist, offenbar der eutektische Punkt

---

[1] Wie Lagorio und Morozewicz gezeigt haben.

[2] Es wird sich die Notwendigkeit ergeben, die Leitfähigkeit verschiedener Silikatschmelzen zu messen, um über den Grad des Zerfalls Aufschluß zu erhalten.

[3] Die chemische Zusammensetzung der Monzonigesteine. Tschermak's Mineralog. Mitteilungen, XXI. Bd., 3. Teil.

sehr nahe bei dem zweiten leichter schmelzbaren Minerale liegt. Der Einfluß der chemischen Zusammensetzung ist ein sehr geringer, weil überhaupt in allen vorkommenden Mischungen jene Mineralien sich zuerst ausscheiden. Ebenso scheidet sich ohne Rücksicht auf den eutektischen Punkt Olivin immer vor Labrador aus. Es sind also bei der Ausscheidungsfolge offenbar andere Faktoren tätig, die die theoretischen Gesichtspunkte beeinträchtigen.

Die Schmelzpunktserniedrigungen sind relativ keine bedeutenden und wechseln nur wenig mit der Konzentration, und infolge der fast immer einseitigen Lage des eutektischen Punktes sind die Zustandsfelder sehr verschieden groß, außerdem spielt sich, wie die Beobachtung unter dem Mikroskop zeigt, die Abkühlung zumeist im übersättigten Zustande ab (im Zustandsfelde IV Meyerhoffer's, dessen Skizze ich hier mit Berücksichtigung der wirklichen Lage des eutektischen Punktes wiedergebe).

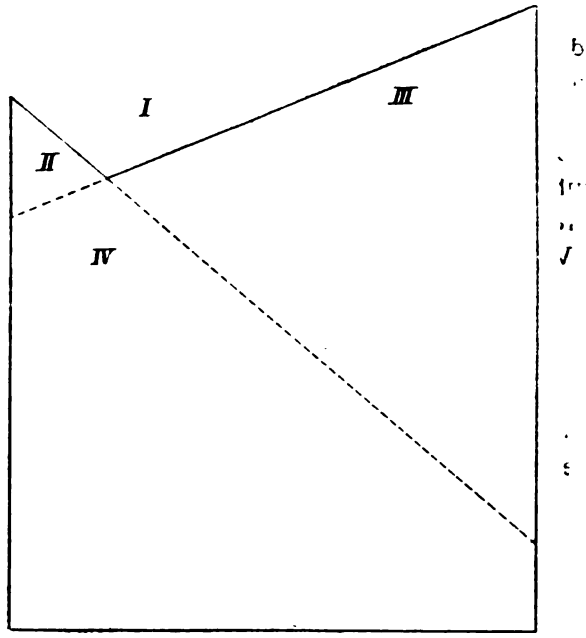


Fig. 7.

Das Zustandsfeld IV ist sehr groß, daher die häufige Unterkühlung.

Die Rolle des eutektischen Punktes bei der Ausscheidungsfolge ist dann deshalb keine bedeutende, weil der theoretische Fall, wie ihn zuerst Meyerhoffer unter I behandelte, sowohl bei natürlichen Gesteinen als auch bei künstlichen Schmelzen nur selten eintritt, da die in der dissoziierten Schmelze vorgehenden Reaktionen eintreten und auch die Unterkühlungen die tatsächliche Ausscheidungsfolge abändern.

Die Temperaturverhältnisse bei der Abkühlung sind von Bedeutung.

Bei den einfachen Verbindungen sind es vielleicht die von geringer Leitfähigkeit, deren Ausscheidung in der dissoziierten Lösung zuerst erfolgt, dann folgen die komplizierten Verbindungen, hiebei spielt teilweise die eutektische Mischung eine Rolle daneben die Unterkühlung, das Kristallisationsvermögen und die Kristallisationsgeschwindigkeit. Präexistierende Kristalle dienen als Impfmittel und können die Reihenfolge beeinflussen.

Wahrscheinlich ist die Differentiation der Gesteinsmagmen im direkten Zusammenhange mit der Dissoziation, die dissoziierten Gruppen sind zumeist Oxyde und Silikate, welche wir als Mineralien der Gesteine wieder finden. Andere dissoziierte Gruppen, wie FeO, Al_2O_3, MgO, Fe_2O_3 vereinigen sich bei der Abkühlung, denn in der Lösung finden noch Reaktionen statt. Differentiation und Mineralbildung haben dieselbe Ursache.

Vogt's Satz, daß die in überwiegender Menge vorhandenen Verbindungen zuerst kristallisieren, ist nur teilweise richtig und hat zahlreiche Ausnahmen wie Olivin, Magnetit. Rosenbusch's Regel der Kristallisationsfolge nach abnehmender Basizität ist mit einigen Ausnahmen im ganzen und großen doch ziemlich zutreffend, wenn auch der Grund nicht in der Basizität zu suchen sein wird, dagegen ist es nicht das Vorkommen in kleinen Mengen, sondern es sind andere Ursachen, welche bewirken, daß die akzessorischen Bestandteile sich zuerst ausscheiden.

Übersicht der Resultate.

1. Beim Zusammenschmelzen von kristallisierten Silikaten erleidet nur das höher schmelzende, nicht aber das niedrig

elzende eine Schmelzpunktserniedrigung
des Gemenges ist bei verschiedenen
sehr verschieden, meist liegt er in der
elzenden Komponente. Unter dem Mi
ier Vorgang zumeist ein Lösungs-
elzbaren Bestandteiles in dem leichte
2. Gegenseitige Schmelzlösungen von
ngen derselben zeigen Schmelzpunkt
nicht immer proportional der Kon
n eutektischen Punkt.

In der Schmelzlösung der Silikate
ɔziation der Silikatlösung Molekülen
n Orthosilikate sowie auch andere
ungen auf. Bei der Abkühlung s.
ıchen Oxyde und Aluminate, dann
hierauf folgen kompliziertere Silikate
ältnis, verglichen mit dem eutektischen
isse Rolle spielt, die aber durch
n beeinträchtigt wird, insbesondere
Die meisten Verbindungen scheiden
in einem Intervall bis zu 900
ɔachtung lehrt; der größere Teil
Unterkühlung der Schmelze
der Einfluß der Übersättigung
nelzpunkte dagegen ist kein
:ter, schon deshalb, weil die
:te keine bedeutenden sind (mit
die erste Bildung von Kristallen
en, bei einer verhältnismäßig
findet.

Bei isomorphen Mischungen
nelzpunkte ein bedeutender –
Auch das Kristallisationsvermögen
hwindigkeit sind von Einfluß
Wenn zwei Mineralien (oder
hergestellten Schmelzen)
er zur Erstarrung gebracht
ɔen.

ersuchungen über die Entstehur

I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 121—16

. bei angiospermen Pflanzen.
der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (

zessorisch im dolomitischen Kalk von

ner Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 169—

risch im dolomitischen Kalk von Wietze.
itz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (

k mit akzessorischen Gipskriställchen.
H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (
3.

mitischer, mit akzessorischen Gipskriställchen.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (
169—173.

etze (Hannover), dolomitischer Kalk mit akzessorischen Gipskristäl
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (
p. 169—173.

Hannover (Wietze), Gipskriställchen akzessorisch im dolomitischen Kal
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (
p. 169—173.
Abt. I. März und April.

schmelzende eine Schmelzpunktserniedrigung. Der Schmelzpunkt des Gemenges ist bei verschiedenen Konzentrationen nicht sehr verschieden, meist liegt er in der Nähe der niedrig schmelzenden Komponente. Unter dem Mikroskop zeigt sich, daß der Vorgang zumeist ein Lösungsprozeß des schwer schmelzbaren Bestandteiles in dem leichter löslichen ist.

2. Gegenseitige Schmelzlösungen von Silikaten oder feste Lösungen derselben zeigen Schmelzpunktserniedrigungen (die aber nicht immer proportional der Konzentration sind) und einen eutektischen Punkt.

In der Schmelzlösung der Silikate treten infolge der Dissoziation der Silikatlösung Moleküle der einfachen Oxyde, dann Orthosilikate sowie auch andere kompliziertere Verbindungen auf. Bei der Abkühlung scheiden sich zuerst die einfachen Oxyde und Aluminate, dann die einfachen Silikate aus, hierauf folgen kompliziertere Silikate, wobei das Mengenverhältnis, verglichen mit dem eutektischen Gemenge, eine gewisse Rolle spielt, die aber durch zahlreiche andere Faktoren beeinträchtigt wird, insbesondere durch die Temperatur.

Die meisten Verbindungen scheiden sich erst bei 1150° und in einem Intervall bis zu 900°, wie die mikroskopische Beobachtung lehrt; der größere Teil scheidet sich im Zustande der Unterkühlung der Schmelze ab und deswegen ist der Einfluß der Übersättigung sehr groß, der der Schmelzpunkte dagegen ist kein großer, sondern nur ein indirekter, schon deshalb, weil die Unterschiede der Schmelzpunkte keine bedeutenden sind (mit wenigen Ausnahmen) und weil die erste Bildung von Kristallen, wie direkte Versuche zeigen, bei einer verhältnismäßig schon niedrigen Temperatur stattfindet.

Bei isomorphen Mischungen ist dagegen der Einfluß der Schmelzpunkte ein bedeutender.

Auch das Kristallisationsvermögen und die Kristallisationsgeschwindigkeit sind von Einfluß.

Wenn zwei Mineralien (oder ihre entsprechenden, synthetisch hergestellten Schmelzen) zusammengeschmolzen und wieder zur Erstarrung gebracht werden, so wird sich folgendes ergeben.

I. Es bilden sich dieselben Mineralien wieder.

Dann können folgende Fälle eintreten.

1. Das in größerer Menge vorhandene Mineral scheidet sich zuerst ab nach der Regel der eutektischen Mischung (Meyerhoffer's Fall I).

2. Die beiden Mineralien scheiden sich abwechselnd oder gleichzeitig aus; dieser sehr häufige Fall tritt durch Unterkühlung ein oder überhaupt bei Mischungen, deren Mengenverhältnis nicht viel voneinander verschieden ist.

Durch Impfung läßt sich die Reihenfolge, wie sie aus 1 sich ergibt, umkehren.

3. Die Ausscheidungsfolge folgt nicht der größeren Menge, sondern eine der Verbindungen scheidet sich oft konstant zuerst ab. Dieser Fall ist nicht selten und kommt bei den einfachen, schwer löslichen Verbindungen vor, welche sich teilweise durch chemische Wechselwirkung aus der dissoziierten Lösung abscheiden.

II. Es bilden sich außer den ursprünglichen Verbindungen neue, infolge der Dissoziation der Lösung; oder eine der vorhandenen Verbindungen wandelt sich in eine andere um.

III. Nur eines der Mineralien scheidet sich aus.

1. In diesem Falle bleibt das zweite Mineral im Glase stecken. Durch Anwendung von Impfung kann dieses zur Ausscheidung gebracht werden. Die Reihenfolge der Ausscheidungen ist wie bei I, 1 oder aber auch wie bei 3, wenn das Kristallisationsvermögen und die Kristallisationsgeschwindigkeit des einen $= 0$ ist.

2. Die zweite Verbindung wird von der ersten vorherrschenden aufgenommen. Es bilden sich anomale Mischkristalle. Dieser Fall ist nur möglich, wenn die Proportionen von beiden Verbindungen sehr verschieden sind und ist im allgemeinen selten.

Greilach H., Spektralanalytische Untersuchungen über die Entstehung des Chlorophylls.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 121—168.

Chlorophyll, Entstehung desselben bei angiospermen Pflanzen.
Greilach H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 121—168.

Höfer H., Gipskriställchen akzessorisch im dolomitischen Kalk von Wietze (Hannover).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 169—173.

Gipskriställchen akzessorisch im dolomitischen Kalk von Wietze.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 169—173.

Dolomitischer Kalk mit akzessorischen Gipskriställchen.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 169—173.

Kalk, dolomitischer, mit akzessorischen Gipskriställchen.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 169—173.

Wietze (Hannover), dolomitischer Kalk mit akzessorischen Gipskriställchen.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 169—173.

Hannover (Wietze), Gipskriställchen akzessorisch im dolomitischen Kalk.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p 169—173.

Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte

von

Dr. **Viktor Grafe.**

Arbeiten des pflanzenphysiologischen Institutes der k. k. Wiener Universität.

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Juni 1904.)

In den allerersten Jugendstadien besteht bekanntlich die Wand der Holzzellen unserer Holzgewächse aus fast reiner Zellulose. »Verholzt« nennt man diese Zellen aber erst dann, wenn, wie dies im Laufe der Entwicklung sehr bald geschieht, gewisse Substanzen in die Zellulose der Zellwand eingelagert erscheinen, welche deren chemische und physikalische Eigenschaften bedeutend verändern. Diese ganz charakteristischen Änderungen haben schon frühzeitig das Interesse naturwissenschaftlicher Forschung auf diese Substanzen gelenkt, ohne daß eigentlich bis heute sichere Anhaltspunkte für ihre Identifizierung gewonnen werden konnten. Da durch die im folgenden zu beschreibenden Untersuchungen die Frage ihrer Lösung nahe gebracht erscheint, ist es vielleicht nicht ohne Interesse, einen kurzen historischen Abriß über die bisherigen diesbezüglichen Bemühungen zu geben.

Als einer der ersten, welcher die Zellulose als Grundsubstanz der Zellmembran erkannte, muß Payen[1] genannt werden; von diesem Forscher wurden die chemischen Individuen, welche die Verholzung bewirken, »inkrustierende Sub-

[1] Annales des sciences naturelles, T. II, Bot. 1839, 1840, T. XIV, 1841, T. XVI; Mémoires sur les développements des végétaux 1844.

stanzen« genannt, ein Ausdruck, der auch heute noch gebraucht wird und in sich die Anschauung schließt, daß diese Substanzen — oder vielmehr Substanz, denn Payen spricht stets nur von »matière ligneuse« — dem Zellulosekörper mechanisch infiltriert seien. Er fand diese Substanz reicher an Kohlenstoff und Wasserstoff als Zellulose, für die er die Formel $C_{12}H_{20}O_{10}$ aufstellt. Ihre Gegner fand diese Theorie in Schleiden, welcher behauptete, die Verholzung beruhe lediglich auf einer Verschiedenheit der membranbildenden Substanzen und in Frémy, der ebenfalls die Lehre von der Zellulose als Grundsubstanz und der inkrustierenden Substanzen als verholzenden Agenzien ablehnte.

Erst Kabsch[1] nahm wieder den Payen'schen Standpunkt auf, ging aber einen Schritt weiter, indem er die Verholzung nicht als mechanische Inkrustation, sondern als chemische Veränderung der Zellulose erklärte. Auf dieser Anschauung fußend, entdeckte F. Schulze, von dem auch eine einheitliche Bezeichnung für die inkrustierenden Substanzen — »Lignin« — stammt, eine Methode, dieses Lignin quantitativ zu bestimmen.[2] Die verholzten Membranen werden längere Zeit in der Kälte mit Salpetersäure + chlorsaurem Kali behandelt, durch welche Mazeration das Lignin vollständig aus der Membran herausgelöst wird, so daß reine Zellulose zurückbleibt; aus der Differenz der ursprünglichen Holzquantität und der so gewonnenen Zellulose wird die inkrustierende Substanz bestimmt. Sachsse[3] findet es wahrscheinlich, daß je nach den Umständen, unter welchen die Umwandlung der Zellulose erfolgt, eine sehr große Anzahl verschiedener Substanzen aus dieser hervorgehe, die sämtlich in der Membran verbleiben. Er vertritt auch wieder den Payen'schen Standpunkt der molekular-mechanischen Infiltration der Zellulose durch das aus ihr hervorgegangene Lignin und begründet ihn durch den Umstand, daß zur Spaltung einer Zellulose-Ligninverbindung wohl schon viel weniger energische Mittel ausreichen müßten als Behandlung mit

[1] Pringsheim's Jahrb. der wissensch. Botanik III.

[2] Chem. Centr. Bl. 1857, 321.

[3] Sachsse, Chemie und Physiologie der Farbstoffe etc. 146.

Schulze'scher Mischung, während eine hartnäckige molekulare Inkrustation sehr wohl die Notwendigkeit so durchgreifender Medien erkläre. J. Sachs[1] stellt sich vor, das Lignin bleibe an jener Stelle der Zellwand, wo es sich durch teilweise Umwandlung der Zellulosemoleküle bilde. Die Anschauung, daß die Verholzung in einer chemischen Verbindung der Zellulose mit ihren Umwandlungsprodukten bestehe, haben zuerst Cross und Bevan in ihrer Monographie »The chemistry of Cellulose« mit Nachdruck vertreten.

Bis zum Jahre 1866 gab es keine spezifische Reaktion für das Lignin. Während bekanntlich reine Zellulose in Kupferoxydammoniak löslich ist, durch Jod und Schwefelsäure blau, durch Chlorzinkjodlösung violett gefärbt wird, bleiben alle diese Reaktionen bei der verholzten Membran aus. An diesem Ausbleiben der charakteristischen Zellulosereaktionen wurde, abgesehen von den anatomischen Merkmalen, die verholzte Zelle bis 1866 erkannt. Ein völliger Umschwung dieser unsicheren Verhältnisse trat ein, als Wiesner[2] im schwefelsauren Anilin ein untrügliches Reagens auf Verholzung fand. Wohl hatte gelegentlich Runge mitgeteilt, daß durch gewisse Anilinsalze das Holz eines Fichtenspanes gelb gefärbt werde. Doch erst Wiesner erkannte mit genialem Blick, daß diese Reaktion — Goldgelbfärbung der verholzten Membranen mit schwefelsaurem Anilin — der Holzsubstanz selbst eigentümlich sei, von reiner Zellulose aber nicht geliefert werde und wurde so der Schöpfer der ersten Holzreaktion, welche zunächst als erstes untrügliches Kriterium für die Verholzung einer Membran für die botanische Methodik hervorragendste Bedeutung gewann. Sie war es aber auch, welche bald eine für Botanik und Chemie gleich wichtige Frage ins Rollen brachte, die Frage nach der chemischen Beschaffenheit der Holzsubstanz. Dieses Problem gewann an Interesse, als Wiesner bald darauf eine weitere, in ihrer Schärfe noch prägnantere Reaktion auf Verholzung entdeckte. Im Jahre 1877 fand

[1] Experimentalphysiologie.

[2] Karsten's bot. Untersuchungen, Bd. I, S. 120, 1866.

v. Höhnel,[1] daß sich verholzte Zellen mit Kirschholzextrakt intensiv rot bis rotviolett färben; er nannte das Agens des Extraktes, welches diese charakteristische Färbung bedingte, »Xylophilin«, ohne es chemisch identifizieren zu können. Wieder war es Wiesner, dem diese Identifizierung in überraschend kurzer Zeit gelang, denn schon 1878 vermochte er zu zeigen,[2] daß die wirksame Substanz des Xylophilin Phloroglucin oder ein Gemenge desselben mit Brenzkatechin sei, welches auf Zusatz konzentrierter Salzsäure die obgenannte intensive Färbung der verholzten Membranen hervorruft. Ähnlich wirken Brenzkatechin und Resorcin für sich in Verbindung mit Salzsäure. Diese wertvolle Entdeckung, welche ein sicheres und dabei bequemes Erkennen der Verholzung verbürgte, fand denn auch sehr bald allgemeine Anerkennung in der wissenschaftlichen Praxis und gehört heute zu den allergewöhnlichsten Operationen des Botanikers. In der Folge wurde von verschiedenen Forschern eine ganze Reihe von Holzstoffreagenzien gefunden, die auf die verholzte Membran im Vereine mit einer Mineralsäure ähnliche Wirkung ausüben wie das Phloroglucin, im übrigen auch fast stets mehr oder minder nahe Verwandte des letzteren vorstellen. So führt Lippmann[3] die rotviolette Reaktion des Orcin, Ihl[4] die blaugrüne des Thymol und Pyrogallol an, welche letztere übrigens auch schon Wiesner nennt. Gelbgrüne bis reingrüne Reaktion geben Kresol, α-Naphthol, Anisol, Guajakol, kirschrote Pyrrol, Indol,[5] Skatol und Karbazol.[6] Die Möglichkeit, mit dem Phloroglucinreagens Verholzung bequem und untrüglich zu konstatieren, brachte schließlich den Gebrauch mit sich, den positiven Ausfall der Phloroglucinreaktion einfach mit »Verholzung« auch im physikalischen Sinn des Wortes gleichzusetzen und nicht

---

[1] Sitz. Ber. der Akad. der Wissensch., Wien, Bd. LXXVI.

[2] Sitz. Ber. der Akad. der Wissensch., Wien, Bd. LXXVII.

[3] Cit. bei Wiesner.

[4] Chem. Zeitung, 1885, p. 266.

[5] Ann. der Chemie und Pharmazie. Baeyer, Bd. 140; Niggl, Mikrochem. Unters. der Universität München, Regensburg, 1881.

[6] Mattirolo, Zeitschr. für wiss. Mikroskopie, Bd. 2, p. 354, 1885.

zu beachten, daß ja die rotviolette Färbung mit Phloroglucinsalzsäure offenbar das Produkt einer Kondensation des Phloroglucin mit einem oder mehreren Körpern der Holzsubstanz ist, welche unter Vermittlung der Salzsäure mit diesem Reagens sich in der bezeichneten Weise zu vereinigen vermögen.

Das stets im Auge zu behalten, ist darum von Wichtigkeit, weil ja im Lebensprozeß der Pflanze eventuell auch an anderer Stelle dieselben oder ähnliche Substanzen gebildet werden können wie in der Holzsubstanz, so daß auch hier die Phloroglucinreaktion positiv ausfallen müßte, ohne daß gleichzeitig auch die physikalischen Bedingungen für Verholzung gegeben wären. Die Frage nach chemischer Sicherstellung der Substanz, welche die Ligninreaktionen hervorruft, ist mehrfach gestellt worden.

Schon im Jahre 1874 hatten Tiemann und Haarmann[1] festgestellt, daß die längstbekannte Reaktion auf Phenol mittels eines mit Salzsäure befeuchteten Fichtenspanes von geringen Mengen Koniferin herstamme und zeigten auch, daß Koniferin mit Phenol und Salzsäure, zumal im direkten Sonnenlichte eine intensive Blaufärbung gibt. Ihre Untersuchungen wurden von Tangl[2] bestätigt, worauf v. Höhnel[3] auf Grund ausgedehnter Versuche das Vorkommen des Koniferin als ständigen Begleiters der Holzsubstanz sehr wahrscheinlich machte. Doch auch hier war es wiederum Wiesner, welcher der Forschung den richtigen Weg gewiesen hat. Unter seiner Leitung führte M. Singer[4] die erste Arbeit durch, welche sich mit der Eruierung der chemischen Zusammensetzung der Holzsubstanz befaßte. Fußend auf der primitiven Tatsache, daß ein Holzbrettchen beim Erhitzen einen intensiven Vanillingeruch erkennen läßt, versuchte Singer die Ligninsubstanz, in der Annahme von deren Identität mit Vanillin, durch monatelanges Kochen mit Wasser aus dem Holze zu gewinnen. Wiewohl es

[1] Ber. der Deutschen chem. Gesellsch., Berlin, 1874, p. 608 ff.

[2] Flora, 1874, p. 239.

[3] Sitz. Ber. der kaiserl. Akad. der Wissensch. 76/I., p. 663, 1877.

[4] Beiträge zur näheren Kenntnis der Holzsubstanz und der verholzten Gewebe. Sitz. Ber. der kaiserl. Akad. der Wissensch., Wien, Bd. 86/I., p. 345, 1882.

ihm auf diesem Wege nicht gelang, die fragliche Substanz zu isolieren, durfte doch die große Wahrscheinlichkeit der aufgestellten Vermutung ausgesprochen werden auf Grund der Ergebnisse: daß der Extrakt deutlich nach Vanillin roch, mit Phloroglucinsalzsäure die Holzreaktion gab und daß reines Vanillin mit demselben Reagens behandelt, ganz ähnliche Färbungen liefert. Neben Vanillin wurde auch in Bestätigung der Versuche v. Höhnel's das Koniferin als Bestandteil der Holzsubstanz angegeben und gleichzeitig auf die Arbeiten von Tommaso und D. Tommasi verwiesen,[1] wonach die Blaufärbung mit Phenol-Salzsäure durch Zusatz von Kaliumchlorat wesentlich beschleunigt wird. Ferner eine Gummiart und ein mit Salzsäure sich gelbfärbender Körper. Hoffmeister[2] behandelte Holz mit konzentrierter Salzsäure und 5 bis 20%iger Natronlauge abwechselnd. Der Extrakt wies intensiven Vanillingeruch auf und zeigt auch deutlich die Phloroglucinreaktion, doch konnte auch hier die chromogene Substanz nicht isoliert werden. Lindsey und Tollens[3] fanden, daß der Alkoholauszug der Sulfitablauge, wie sie die Zellulosefabriken, welche nach dem Mitscherlich'schen Calciumbisulfitverfahren arbeiten, abfließen lassen, nach der Hydrolyse mit Schwefelsäure stark nach Vanillin roch und die entsprechende rote Färbung mit Phloroglucin-Salzsäure gab. Auch Cross und Bevan sprechen von Vanillinvorkommen in der Sulfitablauge.

Scheibler[4] und Lippmann[5] konstatierten das Vorkommen des Vanillin in der Zuckerrübe, Reinke[6] ebenso in der Kartoffel. Nach der Angabe eines Anonymus[7] läßt sich aus den Natronablaugen, wie sie bei der älteren Zellstoffabrikation nach Hoppe-Seyler abfallen, nach dem Ansäuern Vanillin gewinnen. Doch fehlen nähere Angaben. Eine Bemerkung über

---

[1] Chem. Ber. 1881, p. 1834.

[2] Landwirtschaftl. Jahrbücher, Bd. 17, p. 260.

[3] Ann. d. Chemie, Bd. 267, S. 341 etc., 1891.

[4] Ber. der Deutschen chem. Ges. 1880, p. 333.

[5] Ber. der Deutschen chem. Ges., Bd. 13, p. 662, Bd. 27, p. 3409, Bd. 18, p. 3335.

[6] Zeitschr. für physiol. Chemie, Bd. VI., Heft 3, p. 274.

[7] Dingler's polyt. Journ. 216, p. 372.

die Gewinnung des Vanillin, dessen Geruch noch im ausgewaschenen Zellstoff kenntlich ist, aus dem Holze, findet sich auch in der letzten Auflage (1902, p. 233, II. Bd.) der chemischen Technologie von Fischer. Tiemann[1] äußert sich in seinen Arbeiten über Holzteerkreosot dahin, daß die im Kreosot aufgefundenen Verbindungen wie Guajakol, Kreosol, Methylkreosol etc. jedenfalls präformiert im Holz vorhanden seien. Auch Marassé's,[2] Erdmann's,[3] Bente's[4] Untersuchungen liefern Belege für die gleiche Ansicht. Koniferin ist nach diesen vielleicht ein einfaches Umbildungsprodukt der ursprünglichen Verbindung der Holzsubstanz. Durch partielle Oxydation von Kreosol können Vanillin, Vanillinsäure oder Isomere derselben entstehen, aus dem viel leichter oxydierbaren Methylkreosol unter den gleichen Bedingungen Methylvanillin.

So wie früher mit Hilfe der von Wiesner entdeckten Ligninreagenzien die weite Verbreitung der Holzsubstanz in den vegetabilischen Geweben von Burgerstein[5] und Niggl[6] nachgewiesen werden konnte, so wurde jetzt auf Grund der genannten Arbeiten das allgemeine Vorkommen des Vanillin in der verholzten Membran ausgesprochen. Gegen die Ansicht, daß Vanillin die chromogene Substanz bei der Phloroglucin-Salzsäureprobe im Holz darstelle, erhoben sich jedoch bald verschiedene Stimmen. Nickel[7] und Seliwanow[8] leugneten die Möglichkeit der Singer'schen Behauptung, da die Färbung, welche Vanillin-Phloroglucin einerseits, Holz-Phloroglucin andrerseits, beide unter Assistenz der Salzsäure, zeigen, ziemlich erhebliche Differenzen in der Farbnuancierung aufweise. Das zweite Moment, welches das Bedenken der genannten Forscher erregte, war die Empfindlichkeitsdifferenz, welche

[1] Ber. der Deutschen chem. Ges. VIII., p. 1136.

[2] Ann. Chem. Pharm. CLII, p. 86.

[3] Ann. Chem. Pharm. Suppl. V, p. 223.

[4] Ber. der Deutschen chem. Ges. VIII, p. 478.

[5] Sitz. Ber. der kaiserl. Akademie der Wiss., Wien, Bd LXX, 1874.

[6] Mikrochem. Unters. der Universität München, 1881.

[7] Chem. Zeit. 1887, p. 1520. Farbenreakt. der Kohlenstoffverb., 1890, p. 32 etc.

[8] Referat Bot. Zentralbl. *45*, p. 279.

zwischen der Phloroglucinreaktion mit Vanillin und mit Holz herrscht, welche letztere als die schärfere erscheint, wiewohl ja bekanntlich auch ein mit Vanillin-Phloroglucin getränktes Papier — das sogenannte Wiesnerpapier — als empfindliches Reagens auf Salzsäure in der medizinischen Technik Verwendung findet.[1] Da ich über beide Punkte später noch zu sprechen haben werde, will ich sie für den Augenblick unerörtert lassen. Von Ihl[2] wurde die Hypothese aufgestellt, daß Zimtaldehyd, ferner Eugenol- und Safrolspuren die Ursachen der Rotfärbung mit Phloroglucin in der Holzsubstanz bilden, jedoch nicht weiter begründet. Einen einigermaßen sichereren Anhaltspunkt für den chemischen Charakter der Holzsubstanz ergaben die Versuche Nickel's und Seliwanow's, welche zeigten, daß Holz eine der bekanntesten Aldehydreaktionen, die Schiff'sche Probe mit fuchsinschwefliger Säure, aufweist, daß ferner Durchtränkung des Holzes mit Natriumbisulfit oder Hydroxylamin die Ligninreaktion verhindert. Es wäre das ein Fingerzeig, daß die chromogene Substanz im Holz ein Aldehyd sei und daß die Reaktion nicht mehr zu stande kommen könne, wenn die Aldehydgruppe in ihrem Wesen verändert würde. Eingehend beschäftigte sich mit der Frage der Ligninsubstanz F. Czapek.[3] Dieser Forscher gab einen neuen Weg zur Darstellung der fraglichen Substanz an, nämlich Behandlung des Holzes mit Zinnchlorür in der Hitze und es gelang ihm allerdings, eine geringe Substanzmenge zu gewinnen, mit welcher eine Reihe qualitativer Reaktionen vorgenommen wurde, ohne daß jedoch der Körper in hinreichend reiner Qualität dargestellt werden konnte, um elementar-analytisch definiert werden zu können. Infolgedessen war es nicht sichergestellt, ob es sich bei der fraglichen Substanz nicht um ein Gemenge von ver-

---

[1] Lindt, Zeitschr. für wissensch. Mikroskopie, Bd. II, p. 495.

[2] Chem. Zeit. Bd. 13, p. 432, 560 (1889), Bd. 16, 1891, p. 201.

[3] Zur Chemie der Holzsubst. Sitz. Ber. des Deutschen naturw.-medizin. Vereines für Böhmen »Lotos« 1898, Nr. 7; Über die sog. Ligninreaktionen des Holzes, Zeitschr. für physiol. Chemie, XXVII, Heft 1, 2; Sur quelques subst. aromat. contenues dans les membranes cellul. etc. Compte-rendu, p. 14 bis 18, 1900.

schiedenen chemischen Individuen handelte und die ausgeführten Reaktionen haben daher vom Standpunkt des Chemikers nur problematischen Wert. Nichtsdestoweniger erhielt der »Körper« den Phantasienamen »Hadromal« und nahm seinen Weg durch die neuere botanische Literatur, ohne daß über seine chemischen Konstanten etwas ausgesagt werden konnte. Czapek selbst bezeichnet sein »Hadromal« als 1, —3, —4-Substitutionsprodukt des Benzol auf Grund der erhaltenen Reaktionen, so daß also die Substituenten dieselbe Stellung hätten, wie im Vanillin, er findet den Schmelzpunkt 75 bis 80° (der des reinen Vanillin ist 80 bis 81°). Der Körper zeigt aromatischen Geruch, der »einerseits an Vanille, andrerseits an den Tintengeruch vieler Gerbstoffe erinnert«, er ist ein aromatischer Aldehyd, wie das Vanillin. Einige der angeführten Reaktionen, welche die eklatante Verschiedenheit des »Hadromal« vom Vanillin zeigen sollen, sind — wie ich später Gelegenheit haben werde zu zeigen — auf Rechnung beigemengter Substanzen zu setzen. Czapek erwähnt auch, daß die ihm zur Verfügung stehenden Laboratoriumsmittel es ihm nicht gestattet haben, größere Mengen Holz für seine Versuche zu verarbeiten. Es unterliegt in der Tat ganz außerordentlichen Schwierigkeiten, diese Versuche durchzuführen, denn abgesehen davon, daß die resultierenden Substanzen zum Teil unbeständig und schwer zu behandeln sind, ist es vor allem notwendig, große Mengen Material zu ihrer Gewinnung zu verarbeiten, was nur durch angestrengteste Tätigkeit und sehr beträchtlichen Kostenaufwand möglich wird. Für die folgenden Versuche verarbeitete ich, um nur eine Ziffer herauszuheben, etwas über 50 *kg* Holzmehl. Es möge noch betont werden, daß die Wiesner'sche Schule trotz der gegenteiligen Anschauungen stets daran festgehalten hat, daß im Vanillin das farbgebende Agens der Holzsubstanz zu suchen sei.

Die Ausführung einer derartigen Arbeit wurde überhaupt nur dadurch ermöglicht, daß die chemische Abteilung des pflanzenphysiologischen Institutes eine sehr vollkommene zeitgemäße Ausgestaltung erfahren hat.

Ich erlaube mir an dieser Stelle meinem verehrten Lehrer, Herrn Hofrat Prof. Dr. Julius Wiesner, auf dessen Anregung hin die folgende Arbeit unternommen wurde, für das stete Interesse und die tatkräftige Förderung, die er meinen Untersuchungen jederzeit zuteil werden ließ, meinen tiefstgefühlten Dank auszusprechen.

Einleitung.

Die Arbeiten meiner Vorgänger und namentlich jene Czapek's hatten mich vor allem zweierlei gelehrt:

1. daß es sich beim »Lignin« jedenfalls um ein Konglomerat von Einzelindividuen handle, denn die zahlreichen, einander in mehr als einem Fall widersprechenden Reaktionen einem einzigen Körper zuzuschreiben, war mir nicht recht plausibel;

2. daß zur Reindarstellung der fraglichen Substanzen ein andrer Weg eingeschlagen werden mußte, als es die bisherigen Autoren getan hatten. Seliwanow kocht das Holz mit Calciumbisulfit und erhält einen »gummiartigen Klebstoff«, der die Phloroglucinreaktion gibt, Ihl stellt sein »Lignin« durch Kochen des Holzes mit Alkalien oder Säuren unter Druck her und beschreibt es als gelbbraune, spröde harzartige Substanz, die in Alkalien löslich ist und die Holzreaktionen gibt. Auf diese Weise gelangen vor allem Harze aus dem Holze in das Ausgangsmaterial, haften diesem zäh an und machen eine Reindarstellung unmöglich. Diesen letzteren Fehler vermeidet Czapek, indem er das Holz vorher mit Alkohol zur Entfernung der Harze gut auskocht, aber sein Weg kann nichtsdestoweniger nicht zum Ziele führen. Denn durch das Kochen des Holzes mit verdünnten Säuren und Alkalien werden aus dem Holz nicht nur Pentosen und Pentosane abgespalten, sondern es wird durch den Kochprozeß auch freies Furfurol erhalten. Es kann mit voller Schärfe z. B. in der Sulfitablauge[1] dadurch nachgewiesen werden, daß man eine Quantität Sulfitlauge ausäthert, die

[1] Über Sulfitzelluloseablauge, Seidel und Hanak, Mitteilungen des Technolog. Gewerbemuseums 1898, IV. Mitteilung, p. 2.

ätherische Lösung mit einem Tropfen Anilin versetzt und nach Abdunsten des Äthers Salzsäure zusetzt; es erscheint sofort die nicht zu verwechselnde tiefrote, aber unbeständige Färbung, die nach Schiff[1] eine Kombination von Furfurol und Anilin darstellt. Es sei hier gleich im Gegensatz zu Czapek[2] konstatiert, daß Sulfitflüssigkeit sehr wohl die Phloroglucinreaktion gibt, wie dies auch Seidel und Hanak erklären,[3] nur wird eben der kirschrote Ton der Probe sehr bald durch den Überschuß an Furfurol, welch letzteres bekanntlich mit Salzsäure eine braune Färbung liefert, in einen mißfarbig bräunlichen verwandelt. Es ist von Bedeutung, drauf aufmerksam zu machen, daß durch Kochen mit Sulfitflüssigkeit nicht etwa die chromogene Substanz zerstört, sondern ihr nur etwas hinzugefügt wird, was ihre Reaktionen modifiziert. Denn Czapek begründet seine Behauptung, daß Lignin und Vanillin von einander verschieden seien, vor allem damit, daß Vanillin das Kochen mit Sulfitflüssigkeit und Zinnchlorür, selbst bei drei Atmosphären Druck durch mehrere Stunden vertrage, während die von ihm gesuchte Substanz dadurch augenblicklich zerstört werde, d. h. angeblich die Phloroglucinreaktion nicht mehr gäbe.

Wie ich vorhin gezeigt habe, liefert noch Sulfitlauge der Zellulosefabriken, die ja einen Druck von sechs Atmosphären und vielstündigen Kochprozeß durchgemacht hat, die Reaktion, allerdings stark modifiziert durch abgespaltenes Furfurol. Darauf beruht der Irrtum des genannten Autors. Nach meinen Erfahrungen gibt auch Holz, wenn es durch Kochen mit Zinnchlorür, Salzsäure etc. dunkelbraun geworden ist, noch die Reaktion, wenn auch nicht sofort und in unreiner Nuance. Ja, selbst in der Kälte wird durch konzentrierte Säuren eine Spur Furfurol abgespalten. Läßt man Salzsäure vom spezifischen Gewichte 1·19 längere Zeit auf eine größere Menge feingemahlenen Holzes einwirken, saugt dasselbe dann ab, schüttelt dann mit Äther aus und läßt nach Zusatz von einem

[1] Annalen der Chemie, *201*, 355.

[2] Zur Chemie der Holzsubstanz, p. 5.

[3] l. c.

Tropfen Anilin den Äther verdampfen, so kann man durch die oberwähnte rote Färbung auch hier Furfurol nachweisen. Nun ist der Weg, welchen Czapek zur Reindarstellung der Lignin-substanz als zweckmäßigsten einschlug, nämlich mehrstündiges Kochen des mit Wasser präparierten Holzbreies mit festem Zinn-chlorür unter fortwährendem Digerieren, nichts anderes als ein Kochen des Holzes mit verdünnter Salzsäure, denn bekanntlich enthält das technische Zinnchlorür ziemlich beträchtliche Mengen freier Salzsäure, wovon man sich übrigens leicht durch die saure Reaktion mit Lackmuspapier oder Behandeln mit Sodalösung überzeugen kann, wobei Aufbrausen erfolgt. Auf diese Weise erhielt der genannte Forscher natürlich Ver-unreinigungen seines Präparates durch Furfurolverbindungen, deren störende Wirkung er selbst beschreibt.[1] Da das Furfurol bekanntlich ein äußerst labiler Aldehyd ist, der an der Luft sehr schnell verharzt, ist es ganz unmöglich, ihn in seinen harzigen Verbindungen von einem Präparate zu trennen, besonders wenn dieses, wie in unserem Fall, ebenfalls ein Aldehyd ist, so daß auch eine Reinigung mit Natriumbisulfit nicht von ihm befreien kann. Das war bei Czapek's Versuchen denn auch wirklich der Fall.

Von den bei »Hadromal« erhaltenen Reaktionen lassen sich beinahe zwei Reihen bilden, die nicht zueinander stimmen. Starkes Reduktionsvermögen gegen ammoniakalische Silber-lösung und Gelbfärbung mit Alkalien einerseits, ausge-sprochener Vanillincharakter andrerseits (»Hadromal« wird als 1-, 3-, 4-Substitutionsprodukt des Benzol mit einer Aldehyd-, einer Phenolhydroxylgruppe, dem Schmelzpunkt 75 bis 80° und vanillinähnlichem Geruch bezeichnet). Ich hatte also a priori die Identitätsmöglichkeit des Lignin mit Vanillin (viel-leicht als Komponenten einer Mischung) nicht auszuschließen. Hoppe-Seyler spricht die Ansicht aus, daß die inkrustierenden Substanzen ätherartig, durch Vermittlung von Sauerstoff, an die Zellulose gebunden seien, die Lignozellulose also Zellulose-äther darstelle. Wenn man die bisherigen Versuche von Lange, Lindsey, Nickel, Seliwanow vergleicht, welche auf

[1] Über die sog. Ligninreaktionen, p. 157.

Gewinnung der chromogenen Substanz abzielten oder dieselbe ergaben, so sind es stets hydrolysierende Agenzien, also verdünnte Säuren oder Alkalien, durch welche die Substanz herausgelöst wird. Czapek scheint von dem Gedanken ausgegangen zu sein, daß bei der Spaltung eine Reduktion eintreten muß und das Zinnchlorür war bei ihm nur ein Glied in der Reihe versuchsweise angewandter Reduktionsmittel, von denen offenbar keines zu dem gewünschten Resultat geführt hatte als das Zinnchlorür, dieses aber nicht seiner reduzierenden Eigenschaften, sondern eben seines vorerwähnten Gehaltes an freier Salzsäure wegen. Die Annahme, daß hier eine Reduktion zum Ziele führen müsse, ist umso befremdlicher, als ja auch Czapek sich zu der Ansicht bekennt, daß sein »Hadromal« als Paarling der Zellulose mit dieser ätherartig verknüpft sei, so daß also offenbar nur Hydrolyse, Anlagerung der Elemente des Wassers, der richtige Weg sein konnte. Tatsächlich kann man durch gelindes Kochen mit 6 bis 10%iger Salzsäure ähnliche Resultate erzielen wie mit Czapek's Zinnchlorürmethode. Die Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß feinstgemahlenes Holzmehl von Koniferen aus einer steirischen Sägemühle sorgfältig im Kolben am Rückflußkühler mit 70%igem Alkohol ausgekocht wurden, eine Operation, die drei- bis viermal wiederholt werden muß. Der Brei wurde abgesaugt, auf Filtrierpapier zum Trocknen ausgebreitet und dann mit 6%iger Salzsäure durch sechs Stunden gekocht, wobei ein konstanter Kohlensäurestrom durchgeleitet wurde. Ein Versuch im luftverdünnten Raum bot keinen bemerkenswerten Vorteil. Als Reaktionsoptimum ergab sich in einer Versuchsreihe Anwendung von 10%iger Säure bei sechs- bis achtstündiger Dauer des Kochens am Rückfluß. Der Prozeß wird zweckmäßig mit frischer Säure an derselben Holzprobe zweimal ausgeführt. Nach dem Erkalten wurde die gelbgefärbte Säure, welche keine Phloroglucinreaktion zeigte, abgesaugt, das Holz sorgfältig mit Wasser bis zum Verschwinden der Salzsäurereaktion gewaschen, in der obenerwähnten Weise getrocknet und hierauf im Scheibler'schen Extraktionsapparat mit Benzol behandelt. Auch bei dieser Operation wurde im Kohlensäurestrom gearbeitet.

Das Benzol färbt sich nach kurzer Zeit grünlich bis dunkelgrün; diese Prozedur wurde nun mehrere Male mit frischem Benzol wiederholt, nachdem ich mich überzeugt hatte, daß der Benzolextrakt solange mit Phloroglucinsalzsäure intensive Rotfärbung gab, als sich das Benzol während des Extrahierens färbte. Doch ist zu bemerken, daß die Reaktion an der Eprouvettenwandung beim Schütteln stets einen grüngelben Stich aufwies, wie ihn reines Furfurol in größerer Verdünnung mit demselben Reagens ebenfalls ergibt. Die Extrakte wurden vereinigt und nach Czapek's Angabe im Vakuum das Benzol abdestilliert, wobei die grüne Farbe der Lösung aber alsbald in Rot umschlug. Als der Destillationsrückstand nur noch wenige Kubikzentimeter betrug, wurde die Destillation unterbrochen, siedendes Ligroin hinzugefügt und nach dem Abfiltrieren die purpurrote Lösung in der Kristallisierschale stehen gelassen. Beim Erkalten scheidet sich eine gelblichbräunliche schmierige Masse aus, die abgesaugt, am Wasserbad und schließlich unter dem Vakuumexsikkator vollständig getrocknet wurde. Sie stellt dann eine harte, leicht zerreibliche Masse von harzartiger Beschaffenheit dar, deren Weiterbehandlung nicht viel Aussicht bietet. Sie ist unlöslich im Wasser, leicht löslich in Alkohol und Äther, gibt in ganz geringen Mengen die Phloroglucinreaktion höchst intensiv und zeigt auch in ihrem übrigen Verhalten große Ähnlichkeit mit dem Czapek'schen Produkt. Die Reinigung mit Natriumbisulfit versuchte ich nicht erst, da ich überzeugt war, zu keinem besseren Resultat gelangen zu können als seinerzeit Czapek nach seiner Methode. Das nach der Extraktion zurückgebliebene Holz gibt wohl schon die Zellulosereaktionen, jedoch auch noch die Ligninreaktionen, wenn auch in bedeutend schwächerem Grade. Die Ausbeute war eine minimale, jedoch nicht viel geringer, als sie Czapek nach seinem Verfahren erhält. Eine weitere Versuchsreihe galt der Darstellung des »Hadromal« ganz nach Czapek's Vorschrift.

Ich konnte dabei die Erfahrungen bestätigen, welche dieser Forscher gemacht hatte, ohne daß es mir gelungen wäre, nennenswerte Quantitäten reiner Substanz auf diesem Wege zu gewinnen, zumal ich Czapek's Anregung folgend mehrere

Male aus Ligroin umkristallisierte und auch zweimal in die Bisulfitverbindung überführte, wobei wohl jedesmal Materialverlust eintrat, jedoch die gelbbraune Färbung des Präparates nicht verschwand. Da auch Czapek's Methode eine quantitative Erschöpfung des Holzes an Lignin nicht gestattet, da ferner die Ausbeute der chromogenen Substanz nach seinem Verfahren eine höchst unbefriedigende und schließlich das Produkt von den zäh anhaftenden Furfurolverbindungen auf keine Weise zu trennen ist, mußte ich einen eigenen Weg zur Darstellung der Substanz suchen, welcher die genannten Übelstände nach Tunlichkeit zu vermeiden gestattet. Bevor ich jedoch zur Beschreibung meiner Darstellungsweise schreite, möchte ich noch meine Versuche zur Gewinnung der chromogenen Substanz aus der Zelluloseablauge mit einigen Worten abhandeln.

Untersuchung der Sulfitablauge.

Um die organische Substanz aus der Sulfitablauge zu isolieren, schlug ich im wesentlichen den von Seidel und Hanak[1] angegebenen Weg ein. Die mit Salzsäure angesäuerte Lauge wurde zum Sieden erhitzt, mit der berechneten Menge Chlorbarium zur Entfernung der Schwefelsäure versetzt. Hierauf wurde eingedampft und mit Alkohol eine gummiartige Substanz gefällt, welche mit Phenylhydrazin, ferner mit Bleiessig Fällungen gibt und die Phloroglucinreaktion ziemlich intensiv zeigt. Die Substanz hinterläßt beim Verbrennen einen Aschenrückstand, der sich als Calciumoxyd erweist. Der Kalkgehalt der Asche läßt sich leicht durch andere Metalle ersetzen, welche nach den Mitteilungen der genannten Autoren nach Maßgabe ihrer Molekulargewichte eintreten. Es liegen also salzähnliche Verbindungen der Metalle mit der schwefelhaltigen organischen Substanz der Sulfitlauge vor und ist erstere jedenfalls eine Calciumverbindung, entstanden durch Einwirkung des Calciumbisulfit auf das Lignin. Um den Körper aschefrei zu erhalten, wurde das Barytsalz mit verdünnter Schwefelsäure

[1] Über Sulfitzelluloseablauge, Mitteil. des Technol. Gewerbemuseums 1897, III. Mitteil.

behandelt und das Gemisch dann in einem reichlichen Überschuß von Wasser gelöst. Nach einigen Tagen Stehens und gelinden Erwärmens zeigte sich eine Fällung von Bariumsulfat, welches abfiltriert wurde. Als sich in der Lösung nach längerem Stehen keine Trübung mehr zeigte, wurde eingedampft, mit Alkohol versetzt und aus der Lösung mit Äther die Substanz als braune Fällung erhalten, welche nach dem Trocknen ein braunes Pulver darstellte, das die oben genannten Reaktionen zeigt und keine mineralischen Bestandteile, wohl aber noch Schwefel enthält. Um den Schwefel abzuspalten, versuchte ich die Lauge auf dem Wasserbad vorsichtig mit Chlorkalklösung zu oxydieren. Der ausfallende Gips wurde abfiltriert, das Filtrat nochmals mit Chlorbarium versetzt, das Bariumsulfat nach dem Kochen abfiltriert, das Filtrat eingedampft und schließlich mit Alkohol gefällt. Ich konnte nach dem Trocknen des klebrigen braunen Niederschlages nur konstatieren, daß er schwefelfrei war und im übrigen die charakteristischen Reaktionen zeigte, ohne daß es mir jedoch gelungen wäre, durch Lösen und Wiederfällen eine Reinigung, geschweige denn Kristallisation zu erzielen. Jedenfalls sind es auch hier Verunreinigungen durch Furfurolverbindungen, welche die Substanz für eine weitere Analyse unbrauchbar machen.

Bessere Resultate erhielt ich, als ich den Versuch machte, Sulfitlauge mit Alkalien bei gleichzeitiger Oxydation zu behandeln. Eine größere Quantität der dunkelroten Dünnlauge wurde am Wasserbade völlig zur Trockene eingedampft und der harte braune Abdampfrückstand mit Kalk in gleichem Gewichtsverhältnis in schwer schmelzbare Röhren eingeschlossen. Nach dreistündigem Erhitzen auf 180°, welche Temperatur sich empirisch als die zweckmäßigste ergeben hatte, wurde die Bombe geöffnet, wobei ein beträchtlicher Druck konstatiert werden konnte, das Reaktionsprodukt mit Wasser ausgelaugt und Kohlensäure durchgeleitet. Der kohlensaure Kalk wurde abfiltriert, das Filtrat gekocht und nochmals filtriert. Hiebei konnte wahrgenommen werden, daß das Filter nach dem Trocknen intensiv nach Vanillin roch. Das Filtrat wurde ausgeäthert, der ätherische Extrakt über geschmolzenem Natriumsulfat getrocknet und der Äther verdampft. Der nun

hinterbleibende rötlich gefärbte Rückstand zeigt den charakteristischen Vanillegeruch in der bekannten intensiven Weise des Vanillin, das selbst in Spuren jedem Gegenstand, mit dem es in Berührung gekommen, den kaum auszutilgenden Geruch des Vanillins verleiht, gibt die Phloroglucinreaktion mit kirschrotem Ton und mit Eisenchlorid eine dunkelrote Färbung, die offenbar von geringen Phenolbeimengungen herrührt. Mit Natriumbisulfit in der von Tiemann-Haarmann für das Vanillin vorgeschriebenen Weise geschüttelt, ging er bis auf einen geringen Rest in die Bisulfitverbindung über, aus der durch Zersetzen mit verdünnter Schwefelsäure und Ausziehen mit Äther ein Extrakt erhalten werden konnte, der beim Verdampfen des Äthers geringe Mengen eines weißen kristallinischen Körpers hinterließ. Nach Verarbeitung einer größeren Quantität Trockenrückstand in der Bombe nach der angegebenen Methode stand mir eine hinreichende Menge des Produktes zum Umkristallisieren zur Verfügung. In heißem, destilliertem Ligroin reichlich löslich, kristallisiert es beim Erkalten des Lösungsmittels unter der Vakuumglocke in schönen nadelförmigen Kristallen aus, welche im Kapillarröhrchen bei 80° schmelzen. War schon durch den nicht zu verkennenden Geruch und den übereinstimmenden Schmelzpunkt die Identifizierung des Produktes mit Vanillin unschwer, so wurde doch noch mit dem Reste des sorgfältig getrockneten Kristallniederschlages eine Elementaranalyse mit folgendem Ergebnis durchgeführt:

I. 0·2134 *g* Substanz gaben 0·4954 *g* Kohlensäure und 0·1008 *g* Wasser.

II. 0·1912 *g* Substanz gaben 0·4433 *g* Kohlensäure und 0·09044 *g* Wasser.

In 100 Teilen:

	Gefunden		Berechnet für $C_8H_8O_3$
	I.	II.	
C	63·31	63·23	63·16
H	5·25	5·26	5·26

Durch diese Daten war unzweifelhaft nachgewiesen, daß mein Produkt mit Vanillin identisch war. Die Möglichkeit, aus der Sulfitlauge Vanillin, wenn auch in ganz geringer Menge, abzuscheiden, beweist, daß dasselbe im Holz präformiert oder als solches vorhanden ist. Daß die Gewinnung der anderen Substanzen, welche nach meinen Untersuchungen die Holzsubstanz bilden, aus der Sulfitlauge nicht gelingt, erklärt sich ungezwungen aus der Behandlung des Holzes mit der Sulfitflüssigkeit unter Druck durch viele Stunden zwecks Zellulosegewinnung, einer Behandlung, der wohl das resistentere Molekül des Vanillin eventuell widerstehen kann, durch welche aber die weniger widerstandsfähigen Komponenten teils zerstört, teils durch Hineinpressen von SO_2 Komplexen in ihr Molekül in Sulfonsäuren, um Streeb's Hypothese[1] zu reproduzieren, verwandelt werden, aus denen sie nicht mehr unverändert zu regenerieren sind.

Was die Untersuchung der organischen Substanz aus Natronablauge anlangt, so scheinen nach meinen bisherigen Versuchen die Verhältnisse hier etwas einfacher zu liegen, doch sind die Versuche noch nicht weit genug gediehen, um abgeschlossen werden zu können und behalte ich mir die Veröffentlichung der Resultate für einen späteren Zeitpunkt vor.

Eine neue Darstellungsweise der Holzsubstanz.

Der Weg zur Darstellung der Holzsubstanz aus dem Holze selbst ergab sich zunächst aus Hoppe-Seyler's Hypothese, nach welcher das Lignin mit der Zellulose in ätherartiger Bindung steht. Die Spaltung konnte also durch Hydrolyse zu stande kommen. Daß Reduktionsmittel, welche nicht zugleich hydrolytisch wirkende Agenzien vorstellten, nicht zum Ziele führen konnten, ergaben Vorversuche mit verschiedenen Amalgamen, z. B. dem völlig neutralen Aluminiumamalgam in alkoholischer Suspension, welches auf den wässerigen Holzbrei unter den verschiedensten Verhältnissen, in der Kälte, unter mehrstündigem Kochen am Rückflußkühler, unter Erhitzen im zugeschmolzenen Rohr, einwirken gelassen wurde, ohne daß eine sichtliche Spaltung erzielt worden wäre. Von

[1] Inauguraldissertation, München.

hydrolytisch wirkenden Agenzien aber konnten Säuren und Alkalien nicht in Betracht kommen, wenn ich die Übelstände der Furfurolverunreinigungen, unter denen meine Vorgänger zu leiden gehabt hatten, vermeiden wollte. Das einzige Medium, welches mir da noch zu Gebote stand, war das Wasser. Daß dieses eine hydrolytische Spaltung in unserem Falle durchzuführen befähigt war, hatten die Versuche Singer's ergeben, nur war dort die Einwirkung offenbar keine genügend energische gewesen. Da ich mich, wie früher erwähnt, überzeugt hatte, daß Behandlung unter Druck keinen Einfluß auf die Zusammensetzung der Holzsubstanz, deren unveränderte Existenz ja jederzeit durch den positiven Ausfall der Phloroglucin-Salzsäurereaktion konstatiert werden konnte, ausübe, ging ich folgendermaßen vor:

Eine größere Quantität des feingemahlenen Holzpulvers wurde sorgfältig mehrere Male mit Alkohol am Rückflußkühler ausgekocht bis der Alkohol nach mehrstündigem Kochen nicht mehr oder nur noch schwach gelb gefärbt erschien. Das gewaschene Holz wurde an der Pumpe abgepreßt und zum Trocknen auf Filtrierpapier ausgebreitet. Nach dem Trocknen wurden je 100 *g* in weite Röhren aus Jenaer Glas gefüllt und mit destilliertem Wasser beschickt, bis das Holzmehl sich mit Wasser vollgesogen hatte und schließlich noch soweit als möglich mit Wasser überschichtet. Hierauf wurde mit der Quecksilberluftpumpe die Luft aus den Bomben entfernt, bis ein fast vollständiges Vakuum erzielt war und die Röhren schließlich zugeschmolzen. Diese mühevolle Operation erwies sich als notwendig, da sonst die Reaktion weder qualitativ noch quantitativ in der gewünschten Weise verlief, sei es durch die Wirkung des Sauerstoffes in dem zurückgebliebenen Luftvolumen, sei es durch die beträchtliche Druckerhöhung, welche bei der zu erreichenden Reaktionstemperatur die eingeschlossene Luftsäule üben mußte. Die so gefüllten Röhren wurden nun im Bombenofen langsam bis zur Temperatur von 180° erhitzt — die Überschreitung dieser Maximalgrenze ist von Nachteil — und auf diesem Punkte eine Stunde lang erhalten. Die nach dem Erkalten geöffneten Bomben zeigten nur wenig Druck; daß eine Reaktion stattgefunden hatte, bewies die Verminderung

des vorher markierten Wasserstandes und der angenehme obstartige Geruch des nunmehr fleischfarbenen Holzbreies, den auch Czapek bei seinem Verfahren beobachtet hat und der übrigens bei jeder Hydrolyse von Holz, auch mit verdünnten Säuren und Alkalien, auftritt.

Das Reaktionsprodukt wurde vom Wasser durch Absaugen getrennt und in Scheibler'schen Extraktionsapparaten mit Benzol extrahiert. Schon vorher hatte ich konstatieren können, daß eine kleine Menge des behandelten Holzes, mit Benzol in der Eprouvette geschüttelt, dasselbe grünlich färbte und der abfiltrierte Benzolextrakt die Phloroglucinprobe mit höchst intensiver prachtvoll kirschroter Färbung gab, der alsbald ein rotvioletter Niederschlag folgte. Die Extraktion, unter ständigem Durchleiten eines Kohlensäurestromes durchgeführt, wurde so lange fortgesetzt, bis eine Eprouvettenprobe eine entschiedene Intensitätsverminderung der Phloroglucinreaktion ergab. Die Dauer des Prozesses ist nicht immer gleich. Das zurückgebliebene Holz ist stellenweise watteartig verfilzt, zeigt die Zellulosereaktionen augenblicklich und liefert, mit Phloroglucin-Salzsäure betupft, rosenrote bis mittelstark rote Färbungen. Die grasgrünen Benzolextrakte wurden im starkwandigen Kolben unter vermindertem Druck destilliert, wobei durch eine Kapillare ein konstanter Kohlensäurestrom durchgeleitet wurde, wie überhaupt keine Operation mit den Reaktionsprodukten an der gewöhnlichen Atmosphäre vorgenommen ward. Als der Destillationsrückstand wenige Kubikzentimeter betrug, wurde siedendes Ligroin hinzugefügt und nach dem Abfiltrieren in der Kristallisierschale unter dem Vakuumexsikkator stehen gelassen. Nach 24 Stunden hatte sich eine gelbliche krustenförmige Masse abgeschieden, in welcher unter der Lupe zahlreiche weiße kristallinische Körper beobachtet werden konnten. Das Produkt wurde bis zur Gewinnung größerer Mengen sorgfältig im Exsikkator in Kohlensäureatmosphäre eingeschlossen.

Zur Verarbeitung des Holzes im großen ging ich folgendermaßen vor: Eine größere Quantität von Holzmehl wurde in der oben bezeichneten Weise präpariert und ganz wie für die Bombenoperation in ein zirka 4 *l* fassendes schmiedeeisernes Autoklave eingeschlossen, das innen mit schwer-

schmelzbarem Glase ausgekleidet war und in einem eisernen Heizmantel befestigt wurde. Die Luft wurde, nachdem der Apparat verschraubt war, durch das Sicherheitsventil abgezogen und dieses sodann geschlossen. Als Heizmaterial diente dickflüssiges Mineralöl (Schmelzpunkt 350°) und die Erhitzung geschah durch am Heizmantel senkrecht befestigte parallele Reihenbrenner. Der Gang der Operation war im wesentlichen derselbe wie früher.

Sehr gute Resultate erzielte ich in einem Falle bei Anwendung eines Verfahrens, welches in der Technik zur Gewinnung von Zellulose benützt wird[1] und das ich für meine Zwecke entsprechend modifizierte. Es wird dabei nämlich der Wirkung von Wärme und Druck noch die des elektrischen Stromes hinzugefügt; auf dem Boden einer starkwandigen Glaswanne aus Jenaer Glas wurde die positive Elektrode angeordnet. Diese besteht aus einem porösen Gefäße, hergestellt aus einem Holzrahmen, über den mit Leinwandstreifen ein mittelstarker Filz gespannt ist; in diesem porösen Gefäße ruht eine 1 *mm* starke Bleiplatte, von der ein mit Guttapercha isolierter Bleistreifen ausgeht, der in die Wand der Wanne eingeschmolzen und sodann durch eine Klemmschraube mit dem Draht einer elektrischen Leitung verbunden ist. Auf die positive Elektrode wird der von Wasser völlig durchtränkte Holzbrei geschichtet und sodann mit der negativen ebenso adjustierten Bleielektrode bedeckt, die ihrerseits mit dem anderen Pol der Leitung in Verbindung steht. Über der positiven Elektrode besitzt die Wanne eine Öffnung, die zur Verbindung mit dem Ableitungsrohr eines Dampfüberhitzers dient. Die Wanne wird nun durch einen mit Asbest eingedichteten Deckel geschlossen, der Wasserdampf eingeleitet und gleichzeitig von unten ganz mäßig erwärmt. Das Sicherheitsventil war auf 5 Atmosphären gestellt. Nun wurde der elektrische Strom durchgeschickt und in der Weise reguliert, daß die Stromstärke auf 500 *g* Holzbrei + Wasser bei 110 Volt zirka $^1/_{10}$ Ampère betrug. Durch die Wirkung des Stromes an

[1] D. R. Pat. Nr. 124919 A. Berget 1901; D. R. Pat. Nr. 128831 J. R. Desmarest; Comptes rendus T. 133, p. 745, H. Lécomte, Bibliothèque des actualités industrielles Nr. 81.

und für sich trat beträchtliche Temperaturerhöhung ein. Nach je einer Stunde wurde die Richtung des Stromes gewechselt und die Operation so durch 5 bis 6 Stunden fortgesetzt; als Katalysator wurde eine Spur Platinmoor verwendet. Die so behandelte Masse wurde nach dem Erkalten, wie oben dargelegt, behandelt und die Reaktionsprodukte vereinigt. Wiewohl das Verfahren ebenso gute Resultate lieferte wie das erstere, gab ich doch in der Folge diesem, wegen der weitaus geringeren Schwierigkeit der Manipulation, den Vorzug. Es sei noch nachträglich bemerkt, daß entnommene Extrakte hier wie dort die Reaktion mit dem Phloroglucinreagens viele Tage lang unverändert rein ohne die bräunliche Nuance der Furfurolverbindungen bewahrten. Es war mit dieser, wenn auch umständlichen Methode also tatsächlich der richtige Weg zur Gewinnung möglichst reiner Produkte gegeben.

Verarbeitung des gewonnenen Rohproduktes.

Die schwach gelb gefärbte Substanz, von der ich schließlich zirka 35 bis 40 *g* gewonnen hatte, zeigt die Phloroglucinreaktion naturgemäß überaus intensiv. Sämtliche Aldehydreaktionen fallen positiv aus; ammoniakalische Silberlösung wird ziemlich rasch, Fehling'sche Lösung erst beim Kochen reduziert. Die Substanz ist in Wasser fast unlöslich (beim Erwärmen wird allerdings etwas gelöst), leicht löslich in Alkohol und Äther, in Alkalien löst sie sich mit gelber Farbe. Den einfachsten Weg für die Reinigung gibt das Vorhandensein der Aldehydgruppe:

Zirka 20 *g* der Substanz wurden in möglichst wenig Äther gelöst und im Schütteltrichter mit konzentrierter Natriumbisulfitlösung (spezifisches Gewicht 1·33) geschüttelt, wobei mäßige Erwärmung auftrat, weshalb mit kaltem Wasser gekühlt wurde. Die ätherische Lösung nahm wohl eine lichtere Färbung an, wurde aber selbst nach sechsstündigem Stehen und Schütteln nicht gänzlich farblos. Die Salzlösung wurde von der Ätherschichte getrennt, diese mehrere Male mit Wasser gewaschen, sodann über geschmolzenem Natriumsulfat getrocknet. Beim vorsichtigen Verdunstenlassen des Äthers unter dem Vakuumexsikkator, resultierte eine kleine Menge eines weißen kristallinischen

Körpers, der wasserlöslich war und wie ein entsprechender Versuch zeigte, leicht aus Benzol umkristallisiert werden konnte. Die ganze Menge wurde demnach mit Benzol aufgenommen, die Lösung filtriert und im Vakuum stehen gelassen. Es kristallisierten farblose breite Blättchen aus, die auf der Tonplatte abgepreßt und getrocknet wurden.

Untersuchung des Körpers.

Der Schmelzpunkt der Substanz ergab sich mit 103 bis 104°. Da der Körper keine Bisulfitverbindung eingegangen war, konnte er als Nichtaldehyd angenommen werden. Die wässerige Lösung reduzierte jedoch Silberlösung augenblicklich; ebenso wurde Fehling's Lösung, wenn auch erst beim Erwärmen reduziert. Neutrales Bleiacetat fällte aus der wässerigen Lösung weiße Flocken eines Bleisalzes. Die Elementaranalyse, welche infolge der äußerst geringen rein dargestellten Substanzmenge nur einmal durchgeführt werden konnte, gab folgende Werte:

0·1326 *g* Substanz gaben 0·3192 *g* Kohlensäure und 0·0632 *g* Wasser.

In 100 Teilen:

	Gefunden	Berechnet für $C_6H_4O_2$
C.....	65·65	65·45
H	5·29	5·46

Diese Zahlen im Einklange mit den vorgeschriebenen Reaktionen stimmen gut für eines der zweiwertigen Phenole. Da mit der geringen Substanzmenge ein durchgreifender Konstitutionsbeweis nicht hätte geführt werden können, begnügte ich mich zur Entscheidung der Frage, welches der drei Isomeren mir vorlag, mit der in diesem Falle wohl sehr charakteristischen Farbenreaktion mit Eisenchlorid.

Die wässerige Lösung lieferte mit Eisenchlorid eine intensiv dunkelgrüne Färbung, die auf Zusatz von Sodalösung in Rotviolett umschlug. Es konnte mithin der gefundene Körper als Brenzkatechin angesprochen werden.

Untersuchung der Natriumbisulfitverbindung.

Derjenige Teil meiner Substanz, welcher vermöge seiner Aldehydgruppe befähigt war, eine Bisulfitverbindung einzugehen, mußte sich in der Salzlösung befinden. Dieselbe wurde nunmehr ganz nach Angabe Tiemann's[1] mit verdünnter Schwefelsäure zerlegt und mit viel Äther ausgeschüttelt. Nachdem die ätherische Lösung von der wässerigen getrennt, gut gewaschen und getrocknet war, wurde der Äther im Kohlensäurestrom abdestilliert. Der Rückstand, ein hellgelbes Öl, welches teils nach Vanillin, teils ein wenig nach bitteren Mandeln roch, ließ sich weder im Vakuum zum Kristallisieren bewegen, noch ergab ein Destillationsversuch im luftverdünnten Raum ein Produkt mit eintheitlichem Siedepunkte. In Wasser ist es unlöslich, in Äther, Alkohol, Benzol etc. leicht löslich. Eine Spur ätherischer Lösung gab mit Salzsäure angefeuchtet und mit einem Tropfen Anilin versetzt, die Schiff'sche Furfurolprobe höchst intensiv. Eisenchlorid gab einen rötlichgelben Niederschlag. Die Phloroglucinsalzsäurereaktion trat mit der gewöhnlichen Nuance ein, doch konnte ich beobachten, daß der violette Unterton fehlte. Die Vermutung, daß hier vielleicht ein Gemenge von Vanillin mit Furfurol vorlag, wies mir die entsprechende Trennungsmethode, welche darauf basierte, daß Vanillin vermöge seiner sauren Hydroxylgruppe salzartige Verbindungen zu bilden vermag, das Furfurol dagegen nicht. Die Aldehydnatur beider Körper ließ diesen Weg als den einfachsten erscheinen.

Trennung der beiden Körper.

Zirka 10 *g* der Substanz wurden in mäßig starkem Alkohol gelöst und ein Überschuß an für 10 *g* Vanillin berechneter Menge von Zinkacetat, welches in Wasser gelöst und mit so viel Alkohol versetzt war, daß es noch in Lösung blieb, hinzugefügt. Die Mischung wurde unter Kohlensäureatmosphäre in wohlverschlossenem Kolben stehen gelassen. Erst nach fünf-

[1] Ber., VIII, 1119.

tägigem Stehen zeigte sich, daß wirklich die Salzbildung eingetreten war, indem der Boden des Kölbchens mit prachtvoll irisierenden schweren Kriställchen bedeckt war, die beim Schütteln klar zusammentraten und sich leicht von der drüberstehenden Lösung abfiltrieren ließen. Sie sind unlöslich in Wasser, schwer löslich in Alkohol und Äther. Die Unlöslichkeit in Wasser ergab sofort die Sicherheit, daß es sich nicht etwa um ausgefallenes Zinkacetat handelte. Das abfiltrierte und getrocknete gewogene Zinksalz wurde nach der Methode von Huppert und v. Ritter[1] im gewogenen Porzellantiegel mit konzentrierter Salpetersäure übergossen, diese bei niedriger Temperatur abgeraucht und der anscheinend trockene Rückstand langsam weiter erhitzt und schließlich geglüht, bis er beim Erkalten vollständig weiß erschien. Das Zinkoxyd wurde hierauf gewogen. Die so durchgeführte quantitative Analyse des Salzes ergab folgende Werte:

0·3252 *g* Zinksalz gaben 0·0728 *g* ZnO, entsprechend 0·0585 *g* Zn.
0·2361 *g* Zinksalz gaben 0·0518 *g* ZnO, entsprechend 0·0416 *g* Zn.
0·2299 *g* Zinksalz gaben 0·05099 *g* ZnO entsprechend 0·0409 *g* Zn.

In 100 Teilen:

	Gefunden			Berechnet für $(C_8H_7O_3)_2Zn$
	I	II	III	
Zn.....	17·98	17·62	17·79	17·71

Um aus dem Zinksalz das Vanillin im freien Zustande abzuscheiden, wurde in die wässerige Suspension des Salzes Schwefelwasserstoff bis zur Fällung von weißem flockigen Schwefelzink eingeleitet, wobei vorher etwas essigsaures Natron zugesetzt worden war. Es gelingt allerdings auf diese Weise nicht, das Vanillin quantitativ aus der Verbindung abzuscheiden.

[1] Z. anal. 35, 311 (1896).

Der Niederschlag wurde abfiltriert und das Filtrat ausgeäthert. Nach Abdunsten des Äthers im Vakuum verblieb in der Kristallisierschale eine kleine Menge feiner Kristallnadeln, welche noch einmal aus Ligroin umkristallisiert wurden. Sie besitzen den unverkennbaren Vanillingeruch, schmelzen scharf bei 81° und zeigen die Phloroglucinreaktion mit rein roter Nuance. Eisenchlorid gibt eine schwach blauviolette Färbung. Von einer Elementaranalyse habe ich Abstand genommen, da die Ziffern der Zinksalzbestimmung, der übereinstimmende Schmelzpunkt und der positive Ausfall der für Vanillin charakteristischen Reaktionen genugsam beweist, daß der untersuchte Körper als Vanillin zu bezeichnen ist.

Untersuchung des zweiten der beiden Aldehyde.

Das Filtrat von der Ausfällung des Zinksalzes wurde mit Soda vorsichtig neutralisiert und hierauf mit Wasserdampf destilliert. Es ging eine nicht sehr große Menge eines schweren gelblichen Öles über, das, mit Äther geschüttelt, von diesem aufgenommen wurde. Der ätherische Extrakt ward über Chlorcalcium getrocknet, der Äther abdestilliert und die Destillation im Kohlensäurestrom fortgesetzt. Bei 186° ging das Öl fast farblos in die Vorlage. Es riecht intensiv nach Bittermandelöl, gibt mit Anilinacetat zunächst eine schwach gelbe Färbung, die aber bald in Orangerot übergeht, mit Phloroglucin-Salzsäure eine dunkelgrüne Farbe, die bei einiger Konzentration in Tiefviolett übergeht. Die Substanz ist in Wasser schwer, in Alkohol, Äther leicht löslich. Mit Phenylhydrazin entsteht ein schön orange gefärbter Niederschlag. In Alkalien löst sie sich mit orangegelber Farbe. Die alkoholische Lösung reduziert ammoniakalische Silberlösung augenblicklich. Fehling'sche Lösung beim Erwärmen. Die Aldehydnatur dokumentiert sich überdies durch die dunkelrote Färbung mit fuchsin-schwefeliger Säure.

Zur Gewinnung der konstant bei 186° übergehenden Substanz mußte die Destillation zweimal, zuletzt unter Anwendung einer dephlegmierenden Kolonne, wiederholt werden, wobei stets im Kohlensäurestrom gearbeitet wurde. Das Produkt wurde schließlich im Vakuum getrocknet.

Die Elementaranalyse ergab folgende Werte:

I. 0·1888 *g* Substanz gaben 0·4551 *g* CO_2 und 0·0919 *g* Wasser.

II. 0·2091 *g* Substanz gaben 0·5030 *g* Kohlensäure und 0·1036 *g* Wasser.

III. 0·1900 *g* Substanz gaben 0·4569 *g* Kohlensäure und 0·0931 *g* Wasser.

In 100 Teilen:

	Gefunden			Berechnet für $C_6H_6O_2$
	I	II	III	
C.....	65·74	65·61	65·58	65·45
H	5·40	5·50	5·44	5·46

Daß die Substanz nicht mit Brenzkatechin, für welches dieselbe empirische Formel gilt, identisch sein konnte, ergab sich aus ihrer Aldehydnatur, ihrer Konsistenz und allen ihren Reaktionen.

Ein Versuch, die Substanz mit Zinkäthyl zusammenzubringen, fiel positiv aus. Er wurde in der Weise durchgeführt, daß 2 *g* der Substanz in eine unten zugeschmolzene Glasröhre gebracht, unter Kohlensäureatmosphäre gestellt und hierauf rasch im Kohlensäurestrom mit 5 *g* Zinkäthyl beschickt wurden, worauf das Rohr mit einem kohlensäuregefüllten Rückflußkühler versehen ward, der seinerseits durch ein doppeltgebogenes Glasrohr mit Quecksilber gegen die äußere Luft abgesperrt werden konnte. Trotz fortwährender Kühlung von unten trat nach wenigen Minuten heftige Reaktion ein und es resultierte ein kornblumenblauer Körper. Nach zwölfstündigem Stehen wurde ein reichlicher Wasserüberschuß hinzugefügt, vom gebildeten Zinkhydroxyd abfiltriert und das Filtrat ausgeäthert. Nach Abdunsten des Äthers hinterblieben einige Tropfen eines Öles, die stark zimtartig rochen, jedoch war die Menge viel zu gering, um eine weitere Untersuchung zu erlauben, doch ist das Eintreten dieser charakteristischen Reaktion ein weiterer Beweis für die Aldehydnatur des zu untersuchenden Körpers.

Oxydation des Aldehyds.

Von der Vermutung ausgehend, daß es sich um ein Furfurolderivat handle, wurde die Oxydation des Aldehyds nach der für diese Derivate von Hill und Jennings[1] gegebenen Methode ausgeführt.

Die Substanz wurde mit einem reichlichen Überschuß an frisch bereitetem Silberoxyd, das in Wasser suspendiert war, gemischt und allmählich bis zum Sieden erhitzt. Hierauf wurde eine konzentrierte Sodalösung hinzugefügt, um das Silber zu fällen, wieder aufgekocht, der Niederschlag abfiltriert, dann bis zu einem geringen Rest eingedampft, nochmals filtriert, mit Salzsäure angesäuert und mit Äther ausgezogen. Nach Verdunsten des Äthers hinterblieb eine kleine Menge eines weißen kristallinischen Rückstandes, der sich aus heißem Wasser, in welchem er leicht löslich war, in winzigen Nadeln umkristallisieren ließ. Der Schmelzpunkt, welcher exakt für das im Vakuum getrocknete Produkt bei 108° liegt, stimmt mit dem von Hill und Jennings für Methylbrenzschleimsäure gefundenen überein, ebenso ergibt die analoge Bildungsweise die Identität meines Produktes mit dieser Säure.

Bei energischerer Oxydation der ursprünglichen Substanz mit $3^0/_0$iger Kaliumbichromatlösung + Schwefelsäure resultieren flüchtige Fettsäuren, unter ihnen vornehmlich Essigsäure, die leicht überdestilliert und durch ihr Silbersalz bestimmt werden konnte. Ich hatte also keinen Grund mehr zu zweifeln, daß der zweite Aldehyd mit 2, —5 Methylfurfurol identisch war. Die 5-Stellung des Methyls ergibt sich aus Maquenne's Ableitung des Methylfurfurol von Rhamnose, aus der es bekanntlich durch Destillation mit Schwefelsäure gewonnen wird und deren Konstitutionsbeweis durch Fischer und Tafel.

Durch die beschriebenen Versuche ist also festgestellt, daß die Holzsubstanz im wesentlichen ein Konglomerat von Vanillin, Methylfurfurol und Brenzkatechin ist. Es ist unschwer, nach diesem Befunde Czapek's qualitative Reaktionen seines

[1] Am. Chem. Journal *15*, 167.

»Hadromal«, welches offenbar nichts anderes darstellte, als ein Gemenge, in welchem sich diese drei Substanzen befanden, auf die einzelnen Komponenten zu beziehen. Das Vanillin gibt die kirschrote Phloroglucinreaktion, die das Brenzkatechin nach Violett hinüberspielt, während eine Spur Methylfurfurol den Ton dunkler gestaltet. Der von Vanillin abweichende Geruch ist ebenfalls durch die Beimischungen erklärt. Die intensive Gelbfärbung mit Alkalien, die braunviolette Eisenreaktion, die ebenfalls als Hauptunterscheidungsmerkmale von Vanillin angeführt wurden, fallen offenbar dem Methylfurfurol zur Last, die intensive Reduktion von Silberlösungen auch dem Brenzkatechin. Die angeführten Färbungen sind übrigens als Mischfarben schwer auf Einzelsubstanzen zu beziehen. Es sei auch noch folgende merkwürdige Tatsache erwähnt: Czapek gibt an, daß Kochen des Holzes mit Sulfitflüssigkeit die chromogene Substanz zerstöre und gründet auch auf der Leichtzerstörbarkeit seiner Substanz einen Unterschied gegen das resistente Vanillin. Nun berichten Brown und Tollens[1] folgenden Versuch: Mais und Hollundermark wurde mit Sulfitflüssigkeit 4 Stunden auf 125° erhitzt. Nach dem Abkühlen wurde der Rückstand abgepreßt, gewaschen, zum Filtrat $CaCO_3$ zugesetzt, aufgekocht und filtriert. Das Filtrat war stark gefärbt, reduzierte Fehling'sche Lösung und gab intensiv die Phloroglucinprobe. Aus der eingedampften Flüssigkeit zog Äther kleine Mengen einer öligen Flüssigkeit und einer »wachsartigen« Substanz, welche die Verfasser für identisch mit »Hadromal« hielten. Daß Czapek wahrscheinlich das von mir analysierte Gemenge in Händen hatte, zeigt auch die Reaktion seines »Hadromal« mit Thymol-Salzsäure unter Zusatz von Kaliumchlorat, das mit diesen Reagenzien sich erst rotbraun, dann dottergelb färbt. Genau so verhält sich auch das Vanillin, wenn Kaliumchlorat in geringem Überschuß vorhanden ist. Auch die nahen Beziehungen, welche der genannte Autor zwischen seinem Produkt und Koniferylalkohol, ferner Eugenol auffand, deuten darauf hin. Die Zweifel, welche Czapek auf Grund einiger Reaktionen bezüglich eines Koniferingehaltes der verholzten Membrane äußert, veranlaßten

[1] Ber. der Deutschen chem. Ges., Bd. 2 (1902), p. 1464.

mich, eine Reihe Vergleichsproben mit reinen Reagenzien (Merck) durchzuführen, welche folgendes ergaben:

Eine wässerige konzentrierte Koniferinlösung gibt mit Salzsäure (1·19 sp. G.) erst nach mehrstündigem Stehen eine merkliche blauviolette Färbung.

Auch mit Phenol erfolgt die Färbung erst nach einiger Zeit, wird aber dann sehr intensiv und es fällt ein violblauer Niederschlag. Mit dem Koniferinreagens von Molisch (Thymol-Salzsäure-Kaliumchlorat) erfolgt allerdings bei konzentrierten Lösungen ein rascher Umschlag von Blauviolett nach Blutigrot, doch kann der ursprüngliche blauviolette Ton nicht, wie Czapek meint, durch die Salzsäure bedingt sein, denn gerade bei Zusatz von nur einem Tropfen Säure entsteht die Violettfärbung und bei Hinzufügung weiterer Säure erfolgt plötzlich der Umschlag. Nimmt man die Lösungen von vornherein entsprechend verdünnt, so erfolgt niemals ein Umschlag nach Rot, sondern die blauviolette Färbung bleibt erhalten.

Die schließliche Entstehung von Rotorange bei dieser Reaktion (nach Czapek) ist meinen Erfahrungen gemäß auf die Wirkung des Kaliumchlorats zurückzuführen, denn man braucht dem Gemisch bloß etwas mehr von diesem Oxydans zuzusetzen, um sofort die genannte Farbe und im weiteren Verlaufe einen dottergelben Niederschlag zu erhalten. Es ist dies nichts anderes, als eine Vanillinreaktion, wie überhaupt die ganze Koniferinreaktion auf Bildung von etwas Vanillin beruht. Man kann dies leicht beobachten. Setzt man zu einer Koniferinlösung etwas kristallisiertes Phenol und fügt Salzsäure hinzu, so erfolgt die Bildung der blauvioletten Farbe nur sehr langsam, da hier der Luftsauerstoff die Oxydation zu vollziehen hat, schneller am Lichte. Setzt man aber etwas Kalichlorat zu, so tritt sofort die entsprechende Färbung ein infolge energischer Oxydation des Koniferin zu Vanillin, wobei es instruktiv ist, an einer gleichzeitig angesetzten Vanillinlösung die Reaktion mit Phenol-Salzsäure zu vergleichen. Am klarsten wird der Vorgang, wenn man statt Phenol das Phloroglucin nimmt. Bei Zusatz von einer Spur Kalichlorat entsteht sofort die bekannte Vanillin-Phloroglucinreaktion. Ist etwas zuviel des Oxydationsmittels zugegeben worden, so geht die Oxydation bei beiden

(Koniferin und Vanillin) über das Vanillin hinaus und die Farbe schlägt, wie erwähnt, in Rotorange, respektive Dottergelb um. Nimmt man dagegen Brenzkatechin, so erhält man augenblicklich eine grasgrüne Färbung. In stärkerer Konzentration jedoch blauviolett. Die meisten Autoren berichten, daß sich Holz mit konzentrierter Salzsäure gelb bis gelbgrün färbe. Nach meinen Erfahrungen gilt für den feinverteilten Zustand der wirksamen Substanzen in feinem Holzmehl, daß fast augenblicklich die Färbung mit Salzsäure grün ist und schließlich smaragdgrün wird, eine Farbe, die allerdings nach einigen Stunden gelblich wird und schließlich in Grau übergeht. Es sei übrigens erwähnt, daß sie durchaus bleibend gemacht werden kann, wenn man die Reaktion mit konzentrierter Bromwasserstoffsäure anstellt. Diese Farbe, welche von Gelbgrün beginnend über Dunkelgrün nach Gelb zurückgeht, möchte ich auf die Wirkung von Koniferin im Verein mit Methylfurfurol zurückführen, was folgender Versuch plausibel macht: Gewaschenes Holzmehl wurde in gleicher Menge in drei Eprouvetten verteilt. In der einen blieb es ohne Zusatz, in die zweite kam noch etwas festes Koniferin und in die dritte einige Tropfen verdünnte Methylfurfurollösung. Nun wurde in alle drei die gleiche Menge Salzsäure geschüttet. Nr. 1 gab die normale Übergangsfarbe von Gelb nach Grün, Nr. 2 wurde gelblich, dann rötlich und schließlich violett, was jedenfalls auf die Gegenwart des Phenols (Brenzkatechin) zurückzuführen ist; Nr. 3 wurde augenblicklich smaragdgrün und im weiteren Verlaufe schwärzlichgrün. Es scheint also beim Versetzen von Holz mit Salzsäure zuerst die Wirkung des Koniferin (gelb) einzutreten, vielleicht weil es frei in der Membran vorhanden, hierauf, wenn die Salzsäure ihre hydrolysierende Tätigkeit entsprechend durchgeführt hat, die Reaktion des Methylfurfurol (grün), eine Farbe, die das Gelb des Koniferin deckt, die aber als unbeständig, bald wieder der ersteren weicht.

Bei dieser Gelegenheit seien ein paar Worte über die Unverläßlichkeit von Farbenreaktionen gesprochen. Speziell bezüglich der Holzreaktion wurde bisher auf die An- oder Abwesenheit dieser oder jener Substanzen fast nur aus dem Auftreten oder Ausbleiben gewisser Farben oder gar Nuancen

überein, welche aus dem von Schulze für die Eiche gefundenen Ligningehalt und der von den genannten Forschern für Eichenholz bestimmten Methylzahl kombiniert worden war.

Untersuchung des Harzes.

Der Alkohol, welcher zum Extrahieren des Holzes in der Vorbehandlung verwendet worden war, zeigte, zumal nach dem ersten Auskochen, tiefgelbe Farbe, welche von dem gelösten Harz herrührt. Wurde der Alkohol abdestilliert, so hinterblieb die Harzmasse, welche auf dem Wasserbad eingedampft und schließlich über kleiner Flamme in der Porzellanschale von den letzten Alkoholspuren befreit werden konnte. Wurde nun ein winziger Splitter der beim Erkalten spröden Masse in der Eprouvette mit wenig Alkohol gelöst und sodann mit dem Phloroglucinreagens behandelt, so trat die bekannte Färbung sehr intensiv ein. Daß diese Reaktion nicht nur auf Rechnung von durch Alkohol aus dem Holz extrahierbarer freien Holzsubstanz, sondern auf der Wirkung von im Harz selbst eingeschlossenen chromogenen Körpern zu setzen ist, zeigte ein Parallelversuch mit dem Überwallungsharz verschiedener Koniferen, welches stets die Reaktion ziemlich stark, wenn auch nicht so intensiv zeigt, wie das durch Alkohol ausgezogene Harz. Gereinigtes Kolophonium zeigt die Reaktion nicht. Die überraschend intensive Färbung mit Phloroglucin ließ die Gewinnung der Holzsubstanz aus dem Harz verlockend erscheinen, doch haben meine diesbezüglichen Versuche bisher noch zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt. Die Trennung des Harzes von der chromogenen Substanz durch Darstellung der Harzseifen mittels Natronlauge und Fällung mit Chlorcalcium erwies sich als schwer durchführbar, da der Rückstand immer wieder die Phloroglucinreaktion gab, offenbar infolge Mitgehens des Vanillinnatronsalzes. Mit konzentrierter Salzsäure digeriert, wird das Harz zunächst gelb und dann grün wie Holz selbst. Die Salzsäure nimmt aus dem Harz einen Körper auf, der sich mit Äther extrahieren läßt und beim Abdunsten desselben als weiße Substanz zurückbleibt, welche die Phloroglucinreaktion mit vanillinähnlicher Nuance gibt, während die entsprechende

Färbung bei Harz violetter ausfällt. Ich behalte mir die Weiterführung der einschlägigen Versuche vor.

Wenn die Intensität der Phloroglucinfärbung einen Schluß gestattet, so ist nach dem Extrahieren des Harzes aus dem Holze mindestens die Hälfte der farbgebenden Holzsubstanz mitentfernt worden. Der Umstand, daß das Harz die Holzsubstanz so zähe und in verhältnismäßig großer Quantität in sich schließt, liefert auch eine plausible Erklärung für das Phänomen, daß selbst in den winzigsten Holzsplittern, wo doch nur eine äußerst geringe Spur Holzsubstanz vermutet werden kann, die Phloroglucinreaktion noch auftritt, so daß bekanntlich mit ihr Holzelemente im Papier nachgewiesen werden. Es ist eben das Harz, welches, ein förmliches Reservoir für die Holzsubstanz, durch zähes Umhüllen der Holzfaser auch die Quantität der chromogenen Substanz relativ stark vermehrt. Tatsächlich kann man noch in mehrfach gewaschenem Holz das Vorhandensein von Harz durch die Storch-Morawski'sche Reaktion nachweisen. Im übrigen erwähnt schon v. Höhnel in seiner Arbeit über das Koniferin, daß die verholzten Zellmembranen ein außerordentliches Anziehungsvermögen zu gewissen in Lösung befindlichen Körpern besitzen und führt dieses Vermögen auf Flächenanziehung, wie bei der Holzkohle zurück. Das konstante Vorkommen fremder Körper in der verholzten Membran hat ja bekanntlich Wiesner[1] zuerst durch ihr Verhalten gegen Kaliumpermanganat gezeigt. Wie zähe diese Substanzen an den Membranen haften, beweist auch die oben erwähnte Tatsache, daß noch im ausgewaschenen Zellstoff, also nach mannigfachen, sehr energischen Operationen, sich der Geruch nach Vanillin bemerkbar macht. Wahrscheinlich stehen die in der Holzsubstanz gefundenen Körper auch in genetischem Zusammenhang mit dem Harz, indem von diesem vielleicht Atomgruppen zu deren Aufbau geliefert werden, oder indem jene in harzige Substanzen übergehen. Berichten doch z. B. Hlasiwetz und Barth[2] über die

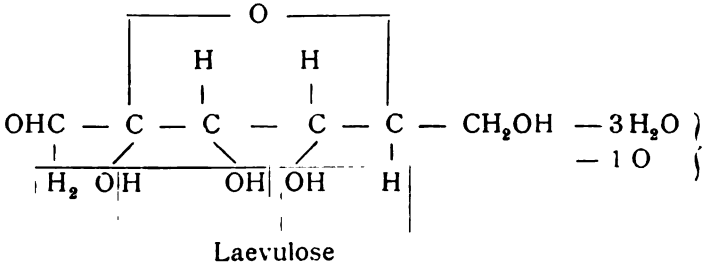
---

[1] Zerstörung der Hölzer und der Atmosphäre. Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss., Wien, 49. Bd., I., 1864, p. 61.

[2] Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wiss., Wien, Bd. 52, II., p. 483.

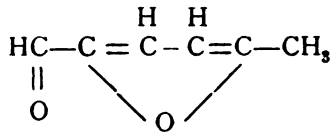
Synthese eines Harzes aus Benzaldehyd mittels Phosphorsäure, welches sich als identisch mit Benzoëharz erwies. Die Bischoff-Nastvogel'sche Formel für Sylvinsäure, aus der das Kolophonium im wesentlichen besteht, mit ihren Benzolkomplexen und doppelten Bindungen läßt diese Anschauung als durchaus möglich erscheinen. Ihre Verwandtschaft mit den aromatischen Verbindungen dokumentieren die Harze durch ihren Übergang in aromatische Kohlenwasserstoffe beim Destillieren mit Zinkstaub und durch die Bildung von Dioxy- und Trioxybenzolen durch Behandlung mit schmelzendem Kali.

Über die Entstehung der die Holzsubstanz bildenden Körper läßt sich heute schwerlich etwas aussagen, doch spricht sehr vieles dafür, daß sie der Zellulose entstammen. Für das Methylfurfurol wenigstens kann das heute mit einiger Bestimmtheit ausgesprochen werden, nachdem es Fenton und Gostling[1] gelungen ist, dasselbe in einfacher Weise aus der Zellulose selbst darzustellen. Die genannten Autoren behandelten Ketohexosen (Laevulose), Zellulose (Filtrierpapier) mit einer gesättigten ätherischen Lösung von Bromwasserstoff und erhielten so die Kristalle eines Körpers, welcher ammoniakalische Silberlösung sowie Fehling'sche Lösung reduzierte, die sonstigen Aldehydreaktionen zeigte und sich in Kalilauge mit tieforangeroter Farbe löste, mit Anilinacetat zuerst gelblich, dann dunkelorange färbte und sich als ein in der Methylgruppe bromiertes Methylfurfurol erwies, so wie ich es als Bestandteil der Holzsubstanz nachgewiesen habe. Die Verfasser leiten es von der Laevulose, für welche sie die Tollens'sche Laktonformel annehmen, in folgender Weise ab:



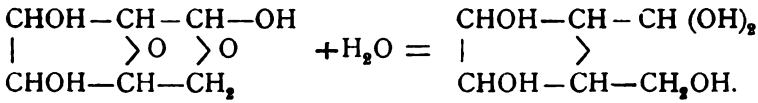
Laevulose

[1] Journal of chemical Society 1899, 423; 1901, 811.



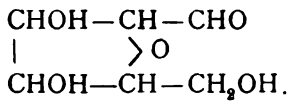
Methylfurfurol

Das Derivieren des Methylfurfurol aus der Zellulose hat man sich wohl nach Prof. A. Green (Leeds)[1] etwa in folgender Weise vorzustellen. Die nachstehende Formel für Zellulose als inneres Anhydrid der Glukose ergibt sich aus den Beziehungen der Oxyzellulose zur Isozuckersäure. (Tollens-Faber).

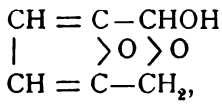


Zellulose

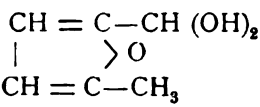
Dieses geht durch Wasserabspaltung über in:



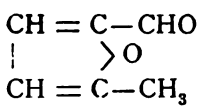
Dieses durch Hydratation in:



woraus durch Reduktion:



und nachfolgende Wasserabspaltung endlich



Methylfurfurol

entsteht.

---

[1] Zeitschr. f. Färberei und Textilchemie III., 6, 1904.

Da das Methylfurfurol einen wesentlichen Bestandteil der Holzsubstanz ausmacht, ist seine Herleitung und Entstehung aus der Zellulose von größter Wichtigkeit. Stärke und Dextrin geben kein oder nur sehr wenig Methylfurfurol nach den Untersuchungen von Fenton und Gostling, dagegen Zellulose 33%, so daß wohl der Schluß gerechtfertigt ist, daß die letztere, nicht aber Stärke und Dextrin die Gruppen enthalten, welche wie bei der Laevulose die Bildung von Methylfurfurol ermöglichen. Die Ansicht, welche aus physiologischen Gründen bisher vielfach gegolten hat, daß Zellulose gleichsam als Analogon der Stärke angenommen werden kann, wird durch das Vorgesagte erschüttert. Es darf nicht übersehen werden, daß vielmehr die Ketosen es sind, die im Pflanzenleben als Baumaterial für die Holzsubstanz eine hervorragende Rolle spielen. Ob das Vanillin, respektive das Glukosid, aus welchem es entstehen dürfte, das Koniferin, aus dem Zellstoff hervorgeht, ist noch fraglich. Wahrscheinlich sind dann auch noch andere Körper an seiner Bildung beteiligt. Daß eine Ringschließung im Sinne der aromatischen Verbindungen bei Zellulose möglich ist, zeigt die Entstehung von Brenzkatechin bei der trockenen Destillation derselben. Es wäre heute müßig diesbezügliche Formeln aufstellen zu wollen, doch sind nach dieser Richtung Untersuchungen im Gang.

Die Darstellung des Methylfurfurol aus der Zellulose und die Wahrscheinlichkeit, daß auch die übrigen der Holzsubstanz angehörigen Körper der Zellulose ihre Entstehung verdanken, ist eine neue Stütze für die wertvollen Wiesner'schen Reaktionen auf Holzsubstanz als Nachweis der Verholzung, denn es ist dann evident, daß die Komponenten der Holzsubstanz sich nur dort bilden können, wo das Vorhandensein von Zellulosemembran die Vorbedingung für ihre Bildung bietet.

Welche Rolle die Bestandteile der Holzsubstanz im Leben der Pflanze spielen, ob sie trotz ihrer geringen Menge von wesentlichem Einfluß auf die Festigkeit und Tragfähigkeit von Stamm und Ästen sind, oder ob sie, wie ja ihr chemischer Charakter nahelegt, eine desinfektorische Wirkung üben, bleibe hier unerörtert.

Die Mäule'sche Reaktion.

Eine Reaktion auf Holzsubstanz hat Mäule[1] angegeben. Dieser Autor behandelte Schnitte ungefähr 5 Minuten mit 1 prozentiger Kaliumpermanganatlösung und legte sie nach dem Abspülen in Wasser in verdünnte Salzsäure bis zum Verschwinden des gebildeten Braunsteins. Mit konzentriertem Ammoniak betupft (er hielt sie über eine offene Ammoniakflasche, so daß sie von den Dämpfen getroffen wurden), zeigte die verholzte Membran intensiv rotbraune Färbung. Der Umstand, daß mit Hydroxylamin nach Seliwanow behandeltes Holz die Reaktion trotzdem gab, während bekanntlich in diesem Falle die Phloroglucin-Salzsäurereaktion nicht mehr eintritt, ließ Mäule vermuten, daß seine Reaktion sich nicht auf den durch Phloroglucin nachweisbaren Körper der Holzsubstanz beziehen könne. Er zeigte ferner, daß er durch längere Einwirkung von Permanganat diesen Körper und mit ihm die Phloroglucinreaktion allmählich und schließlich vollständig zerstöre, während die Ammoniakreaktion umso intensiver wird. Es wurde späterhin konstatiert, daß nicht nur Permanganat, sondern auch Behandlung mit Chromsäure, Kaliumchlorat und Salpetersäure die Reaktion einleiten könne, jedoch die Anschauung, daß es sich hier um ganz neue Körper der Holzsubstanz handle, die jedenfalls verschieden seien von den die Phloroglucinreaktion bedingenden, blieb erhalten.

Mit der Mäule'schen und der Wiesner'schen Phloroglucinreaktion stellte nun F. C. v. Faber[2] vergleichende Versuche an. Er fand, daß bei den Nadeln von Pinus Mughus Scop. sich mit dem Phloroglucinreagens der Holzteil, das Verbindungsgewebe des doppelten Gefäßbündels, ferner die Verdickungsschichten der Epidermiszellen auf der nach innen liegenden Seite und schließlich, wenn auch nur ganz schwach, die Mesophyllwände und die in das Innere derselben einspringenden Zapfen rot färbten. Mit dem Mäule'schen Reagens trat die ent-

---

[1] Das Verhalten verholzter Membranen gegen $KMnO_4$, eine Holzreaktion, Fünfstück's Beiträge zur wissenschaftl. Botanik, Bd. IV (1900), p. 166.

[2] Zur Verholzungsfrage. Ber. d. Deutschen bot. Ges. XXII, 177 (1904).

sprechende Färbung bei allen genannten Teilen ein bis auf die Mesophyllwände und Zapfen, die ungefärbt blieben. Ähnlich waren die Versuche bei Boehmeria platyphylla. Daß die Mäulesche Reaktion dort auftritt, wo die Phloroglucinreaktion negatives Resultat gibt, scheint nicht sicher zu stehn. Faber kommt durch die beschriebenen Versuche zu dem Schluß, daß die Mäule'sche Reaktion zur Konstatierung von Verholzung verläßlicher sei als die Phloroglucinprobe, da erstere nie bei evidenter Verholzung versage, letztere aber auch dort noch auftrete, wo aus anatomischen Gründen Verholzung nicht anzunehmen sei, wie bei den parenchymartigen Mesophyllwänden von Pinus Mughus, oder den Bastfasern von Boehmeria, Fälle, in denen dann die Mäule'sche Reaktion negativ ausfalle.

Daß diese Schlüsse unberechtigt sind, liegt auf der Hand. Vor allem ist nicht einzusehen, warum die Substrate der beiden Reaktionen verschieden sein sollen. Das Permanganat oder andere Oxydanzien, mit denen die Mäule'sche Reaktion ausgeführt wird, gehören zu den stärkst oxydierenden Agenzien, die wir besitzen. Daß durch solche Mittel die Körper, welche nach meinen Untersuchungen die Holzsubstanz bilden, nicht angegriffen werden sollten, kann nicht wohl angenommen werden. Mit Hydroxylamin getränktes Holz gibt die Phloroglucinreaktion nicht mehr, da die wesentliche Aldehydgruppe in die Oximgruppe verwandelt ist. Durch die Wirkung von Oxydationsmitteln und Salzsäure wird sie jedenfalls gespalten, so daß die Ammoniakfärbung mit dem Umwandlungsprodukte eintreten kann.

Es ist das aber durchaus kein Beweis, daß wir es da mit einem andern Körper zu tun haben. Ebensowenig stichhältig ist der Beweis, daß die Mäule'sche Reaktion dann intensiv eintritt, wenn durch längere Einwirkung des Permanganats das Substrat der Phloroglucinprobe »zerstört« ist. Im Gegenteile, durch die längere Einwirkung des Oxydans wird es allmählich und schließlich vollständig oxydiert und die Oxydationsprodukte liefern dann die Ammoniakprobe. Was die Empfindlichkeit der beiden Proben anlangt, möchte ich auf Grund des Vorgesagten im Gegenteil behaupten, daß die Wiesner'sche die bei weitem genauere ist. Denn durch die Oxydation erfolgt eine teilweise

Zerspaltung des Moleküls und so Verminderung der farbgebenden Substanz. Ist die Holzsubstanz nun von vornherein nur in Spuren vorhanden, wie aus der schwachen Phloroglucinfärbung des Mesophylls bei den Nadeln von Pinus Mughus geschlossen werden darf, so bleibt offenbar nach der Einwirkung des Permanganats zu wenig Substanz für den Eintritt der Ammoniakfärbung zurück.

Meine diesbezüglichen Versuche haben noch kein abschließendes Resultat gezeitigt, doch konnte ich folgendes konstatieren:

Wenn man Vanillin mit einem geringen Überschusse einer einprozentigen Kaliumpermanganatlösung behandelt, hierauf Salzsäure bis zur Beendigung der Chlorentwicklung, respektive eintretenden Entfärbung oder schwach Gelbfärbung zusetzt und dann sehr vorsichtig unter fortwährender Kühlung und Zuhilfenahme eines roten Lackmuspapieres Ammoniak hinzufügt, bis die Lösung gerade anfängt alkalische Reaktion zu zeigen, so beobachtet man in diesem Moment einen plötzlichen Umschlag der fast farblosen Flüssigkeit nach Purpurrot. Diese Färbung bleibt, wenn ein geringer Ammoniaküberschuß angewendet wurde, unbegrenzt lange erhalten.

Der Versuch in derselben Anordnung mit Methylfurfurol angestellt, gibt einen ganz ähnlichen Effekt, nur muß die entstehende Färbung mehr braunrot genannt werden In beiden Fällen bildet sich ein Niederschlag von Manganoxydhydrat, der abfiltriert werden muß.

Koniferin liefert mit Kaliumpermanganat, ganz nach Vorschrift Tiemanns[1] für die Darstellung von Vanillinsäure behandelt, sofort einen voluminösen Niederschlag von Braunstein. Auf Zugabe von Salzsäure treten dieselben Erscheinungen auf wie in den vorgenannten Fällen, beim Kochen wird die Lösung hellgelb und nimmt mit Ammoniak eine purpurrote Farbe an.

Brenzkatechin wird durch einprozentiges Permanganat kaum verändert und gibt mit Ammoniak auch keine Färbung.

[1] Ber. d. Deutschen chem. Ges. Bd. VIII, 512.

Die nach meinem Verfahren aus Holz gewonnene »Holzsubstanz« gibt, analog behandelt, mit Ammoniak ganz ähnliche Reaktion wie Vanillin und Koniferin.

Es muß erwähnt werden, daß die Farben im Kolben allerdings oft anders nuanciert sind, als sie sich auf den Schnitten präsentieren, doch kann ich diesbezüglich nur auf meine früheren Bemerkungen über die Unzuverlässigkeit von Identifizierungen mittels Farbenreaktionen verweisen. Es ist auch nicht ausgeschlossen, daß wenigstens bei der Ausführung der Versuche mit Permanganat das durch Ammoniak gefällte Manganoxydhydrat die Farbe der Schnitte nach Braun hinüberzuspielen vermag.

Die angegebenen Vorversuche sollen hier überhaupt nur einfach registriert werden; Schlußfolgerungen können erst nach Durchführung eingehenderer Versuche gemacht werden.

Die Resultate der vorliegenden Arbeit sind, in Kürze zusammengefaßt, folgende:

1. Die von Wiesner entdeckten Reaktionen auf Holzsubstanz, nämlich die Gelbfärbung mit Anilinsalzen und Rotfärbung mit Phloroglucin-Salzsäure, sowie die Färbungen mittels andrer Phenole sind Färbungen, welche die genannten Körper durch Zusammentreten mit den Bestandteilen der Holzsubstanz bilden, wobei die Salzsäure vermittelnd wirkt.

2. Die Holzsubstanz ist nach meinen Untersuchungen kein chemisches Individuum, sondern besteht vornehmlich aus Vanillin, Methylfurfurol und Brenzkatechin, ferner Koniferin, welche zum Teil mit der Zellulose der Membran in ätherartiger Bindung stehn, zum Teil im Harz aufgenommen sind und zum geringsten Teile frei sich in der Membran finden.

3. Die ätherartige Bindung ist durch Hydrolyse mittels verdünnter Säuren oder Alkalien zu lösen. Da aber durch dieses Verfahren Furfurol aus den Pentosen des Holzes gebildet und durch die harzartigen Verbindungen dieses Produktes die Holzsubstanz derart eingehüllt wird, daß eine Reinigung unmöglich erscheint, mußte ein Verfahren verwendet werden, welches diese Übelstände größtenteils vermeidet. Dieses wurde in der Anwendung von Wasser bei 180° im geschlossenen, luft-

leeren Raum oder in der Behandlung des Holzes mit dem elektrischen Strom in der Wärme gefunden.

4. Das Auftreten kleiner Mengen von Koniferin, welche nach Tiemann und Haarmann, ferner v. Höhnel im Holz vorkommen und die Ursache der blauen Färbung mit Phenol-Salzsäure-chlorsaurem Kali bilden, konnte mit großer Wahrscheinlichkeit bestätigt werden.

5. Das Vanillin konnte auch in der Sulfitablauge der Zellulosefabrikation nachgewiesen werden.

6. Die Grünfärbung des Holzes mit konzentrierter Salzsäure (oder besser Bromwasserstoffsäure) ist höchstwahrscheinlich dem Methylfurfurol in Verbindung mit dem Koniferin zuzuschreiben.

7. Die Intensität der Färbungen mit den Holzreagenzien, auch wenn nur die geringsten Spuren von Holzsubstanz vorhanden sind, erklärt sich einerseits aus der Emfindlichkeit der Phenolfarbstoffe überhaupt, andrerseits aus der außerordentlich feinen Verteilung dieser Substanzen durch das Harz, schließlich aus der Fähigkeit der Zellulose, eingedrungene Substanzen mit äußerster Zähigkeit festzuhalten.

8. Die mittlere Methylzahl der Holzsubstanz ist 48.

9. Die Möglichkeit einfacher Darstellung von Methylfurfurol und Brenzkatechin aus der Zellulose sowie der Umstand, daß nichts gegen die gleiche Provenienz auch des Vanillin in der verholzten Membran spricht, machen die Entstehung der Holzsubstanzen aus der Zellulose sehr wahrscheinlich. Die Wiesner'schen Reaktionen sind somit untrügliche Kennzeichen für Verholzung.

10. Der Begriff »Hadromal« als Bezeichnung des chromogenen Körpers der Holzsubstanz ist als Individualbegriff zu streichen und wäre höchstens als Kollektivname für die von mir konstatierten Bestandteile der Holzsubstanz: Vanillin, Methylfurfurol, Brenzkatechin aufzufassen.

11. Die sogenannte Mäule'sche Reaktion auf Holzsubstanz bezieht sich, soweit die Untersuchung bis heute geführt wurde, auf dieselben Körper, die auch mit den Wiesner'schen Reagenzien in Aktion treten.

Der Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen)

von

Hans Höfer.

(Mit 1 Textfigur und 1 Kartenskizze.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 28. Juni 1904.)

Dr. Friedrich Katzer schreibt in seiner vortrefflichen Geologie von Böhmen auf den Seiten 1361 und 1362 gelegentlich der Besprechung des Oligozäns der Saaz-Dux-Leitmeritzer Braunkohlenablagerung: »Das Liegendste der Ablagerung bilden Sandsteine. — Erwiesenermaßen oligozän sind nur die Sandsteine am Nordrande der Erstreckung bei Ober-Leutensdorf, Salesiushöhe bei Ossegg, Komotau, Tschernowitz und am kleinen Purberg. — Auch in diesen kommen quarzreiche Partien vor, wie z. B. bei Ossegg, welche hier Versteinerungen von Süßwassermuscheln führen.«

Damit steht Dr. Katzer in vollster Übereinstimmung mit allen jenen Geologen, welche vor ihm über den Sandstein der Salesiushöhe und über dessen Alter schrieben.

Auch die jüngste Veröffentlichung, welche dieses Gebiet behandelt, nämlich jene von J. E. Hibsch,[1] stellt den Sandstein der Salesiushöhe[2] bei Ossegg (p. 22) in die untere Abteilung des Oligozäns und bemerkt, daß sich in diesem Sandstein auch Steinkerne einer nicht näher bestimmbaren *Anodonta* finden.

---

[1] Geologischer Aufbau des Böhmischen Mittelgebirges. Nr. II des Führers für den IX. internationalen Geologenkongreß 1903.

[2] Im Original heißt es »Aloisiushöhe«; auf eine private Anfrage berichtigte Herr Prof. Hibsch diesen Druckfehler.

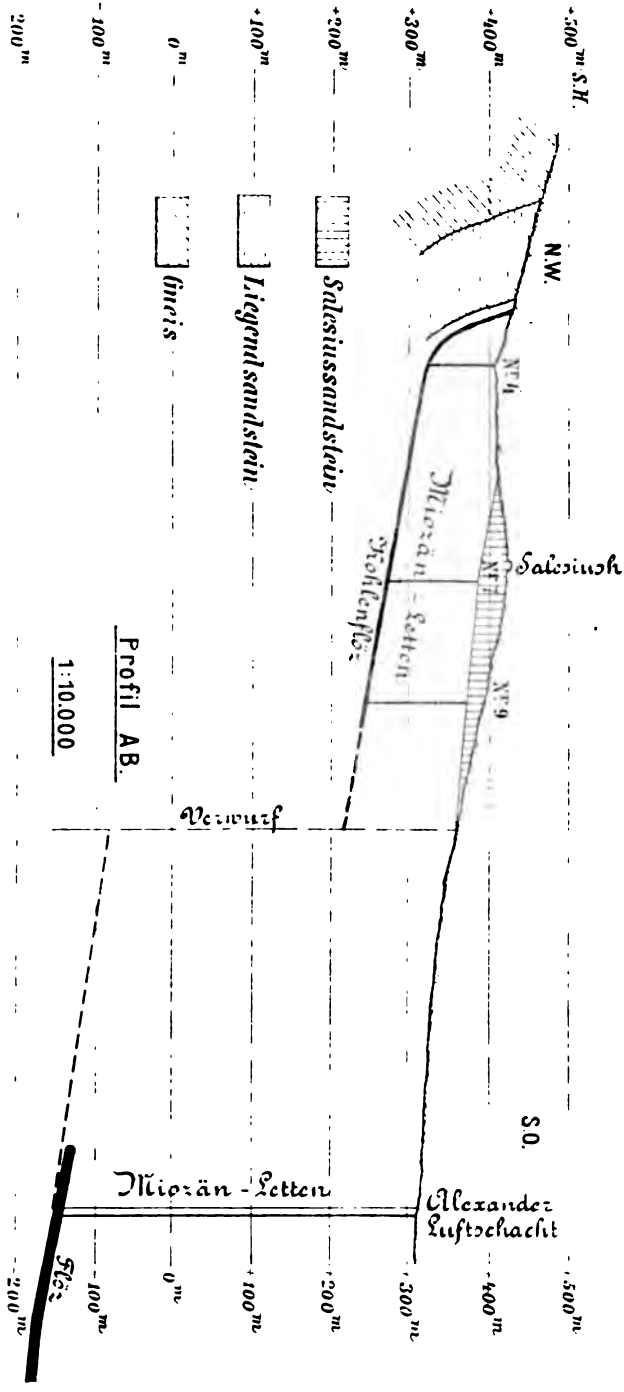
Im Sommer 1903 veranlaßte mich eine größere montangeologische Frage, die Umgebung Osseggs eingehender zu studieren, zu welchem Zweck ich auch alle Bohrergebnisse dieser Gegend sammelte und verarbeitete. Ich war nicht wenig überrascht, als ich fand, daß der Sandstein der Salesiushöhe hoch über dem Kohlenflöze liegt, welches die Ossegg-Brüxer Mulde führt und das als untermiozän angesehen wird. Diese Tatsache veranlaßte mich zur genaueren Untersuchung dieser Lagerungsverhältnisse.

Die Salesiushöhe (424 *m* Seehöhe) liegt 1600 *m* WSW vom Stift Ossegg. Sie besteht aus einer hochaufgetürmten Felsgruppe, welche an ihrer Spitze ein Aussichtsplateau trägt; rings herum ist das Gebiet bewaldet, doch geben einige ausgedehnte Steinbrüche nördlich und südöstlich von der Höhe und in dessen Nähe gute Aufschlüsse. Ein dritter größerer Steinbruch liegt näher der Stadt Ossegg, etwa 300 *m* westlich von der Südspitze des Neuteiches.

Das hier (I der Karte) aufgeschlossene Profil ist folgendes:

Unter einer schwachen Humusdecke liegt der Salesiussandstein; er ist weiß mit einem starken Stich ins Lichtbraune, in einer Bank jedoch auch dunkelrotbraun, besteht vorwiegend aus 2 bis 3 *mm* großen Quarzkörnern, mit einzelnen erbsen- bis bohnengroßen bläulichweißen Quarzgeröllen und kleinen, lichtbraunen Feldspatfragmenten; das alles ist durch ein kieseliges Füllmittel innig verbunden, so daß auch die Quarzkörner häufig nicht scharf abgegrenzt erscheinen; dadurch bekommt der Sandstein stellenweise das Aussehen eines Quarzites. Infolge dieses kieseligen Bindemittels ist das Gestein sehr bis höchst fest. Es ist gebankt und verflächt mit 5 bis 10° nach SE.

Im nördlichen Teile des Bruches ist der Sandstein auf etwa 8 *m* Höhe aufgeschlossen, während er im südlichen deutlich auskeilt. Eine der hangendsten Bänke, etwa 1 *m* stark, führt sehr reichlich Steinkerne einer *Nayadidae*; ein gut erhaltenes Exemplar mit Schloßzahn konnte sicher als *Unio* bestimmt werden. In der rotbraunen Bank fand ich neben den stark eisenschüssigen *Unio*-Kernen auch das Bruchstück eines Blattabdruckes; da Spitze und Grund sowie die feine Nervatur



+500m S.H.
+400m
+300m
+200m
+100m
0m
-100m
-200m
N.W.
S.O.
Salesiussandstein
Liegendsandstein
Gneis
Nr 4
Nr 7
Nr 9
Miozän-Letten
Kohlenflöz
Salesiush.
Verwurf
Profil AB.
1:10.000
Miozän-Letten
Alexander Luftschacht
Flöz

nicht erhalten sind, so ist die nähere Bestimmung dieses lanzettförmigen Blattes mit starkem Hauptnerv nicht möglich.

Es fehlt also jedes paläontologische Mittel zur Bestimmung des Alters des Salesiussandsteines; dies kann nur an der Hand der Lagerungsverhältnisse geschehen.

Unter dem Sandstein ist in dem beschriebenen Steinbruch ein meist feiner, gelber Sand aufgeschlossen, welcher ursprünglich den Anlaß zum Graben gab, und erst, als die Sandsteindecke infolge ihrer zunehmenden Mächtigkeit die weitere Entwicklung der Sandgrube hinderte, ging diese in den Steinbruch über. In dem Sande finden sich auch flache Konkretionen von Brauneisenerz, deren Durchmesser meist unter 5 *cm* bleibt.

Während meiner Anwesenheit sah ich den Sand nur in seinem obersten Teil entblößt, da der untere Teil mit herabgestürzten Steinblöcken bedeckt war; die Brucharbeiter versicherten mich, daß der Sand auch unter den Blöcken anstehe. Dies bestätigt auch ein Lichtbild, welches der Bergingenieur Herr V. Fürnkranz im Frühjahre 1904 aufzunehmen die Güte hatte, wofür ich ihm auch an dieser Stelle danke. Es zeigt auch deutlich das Auskeilen der flachliegenden Sandsteindecke gegen Süd.

Der Sandstein in den Brüchen in der Nähe der Salesiushöhe (II und III der Karte) zeigt denselben petrographischen Charakter wie jener in dem vorher beschriebenen Aufschluß. Er unterscheidet sich jedoch dadurch, daß keine deutliche Schichtung zu erkennen ist, er erscheint vollends massig und ist von saigerstehenden Laßen unregelmäßig durchzogen. In dem Bruche knapp nördlich von der Spitze der Salesiushöhe ist er auf etwa 10 *m* Höhe aufgeschlossen, ohne daß das Liegende erreicht ist.

Dieses Sandsteinvorkommen bildet in der Karte annähernd ein Rechteck von etwa 850 *m* Länge in nordöstlicher Richtung und von ungefähr 400 *m* Breite. Große Blöcke dieses quarzitischen festen Sandsteines findet man bis 700 *m* von der Südgrenze der festen Masse weithin verstreut; auch nach NE verlieren sich einzelne derartige Blöcke bis nach Neu-Ossegg; ihre Kanten sind scharf oder nur wenig abgerundet.

80 *m* südwestlich von der Spitze der Salesiushöhe setzte die Brüxer Kohlenbergbau-Gesellschaft knapp an der Sandstein-

grenze ihr Bohrloch Nr. 7 in 390·0 *m* Seehöhe an; es erreichte in 110·10 *m* Tiefe das 4·36 *m* starke Kohlenflöz, das auf grauen Letten lagert. Die Hangendschichten bestehen vorwiegend aus grauen und braunen Letten mit Einlagerungen von Sand (in 10·0 *m* Teufe 1·30 *m*, in 106·7 *m* nur 1 *m* stark) und zwei Sandsteinbänken (in 90·05 *m* — 0·30 *m*, in 107·7 *m* — 1·9 *m* mächtig).

Dieses Bohrloch hat also den höchstfesten Salesiussandstein unterteuft und Schichten durchsunken, welche zweifelsohne dem Miozän angehören.

Die genannte Gesellschaft setzte auch 360 *m* südwestlich von der Salesiushöhe ein Bohrloch Nr. 9 in 380·0 *m* Seehöhe an, welches folgende Schichten durchteufte:

Gebirgsart	Stärke der Schichten		Gesamtteufe	
	m	*cm*	*m*	*cm*
Gelber Letten	8	00	8	00
Grauer Letten	40	30	48	30
Grauer Lettenstein [1]	0	30	48	60
Grauer Letten	8	50	57	10
Grauer Lettenstein	0	20	57	20
Grauer Letten	23	50	80	80
Grauer Lettenstein	0	20	81	00
Dunkelgrauer Letten	19	50	100	50
Grauer Lettenstein	0	08	100	58
Dunkelgrauer Letten	1	30	101	88
Grauer Lettenstein	0	15	102	03
Dunkelgrauer Letten	9	80	111	83
Grauer Lettenstein	0	20	112	03
Dunkelgrauer Letten	8	40	120	43
Grauer Lettenstein	0	15	120	58

[1] Lettenstein heißt der Bohrunternehmer Herr Thiele alle festere Einlagerungen im Letten; die mir vorliegenden Proben sind sehr feinkörnige, etwas mergelige Sandsteine, die hie und da auch Muskovitschüppchen führen.

Gebirgsart	Stärke der Schichten		Gesamtteufe	
	m	*cm*	*m*	*cm*
Schwarzbrauner Letten	5	30	125	88
Grauer, sandiger Letten mit Rußflammen	0	20	126	08
Schwarzer Letten mit Glimmer	1	00	127	08
Letten mit Sand, Schwefelkies und Rußkohle	0	16	127	24
Kohle fest und rein	1	35	128	59
Kohlenschiefer mit Schwefelkies	0	20	128	79
Kohle rein und fest	4	30	133	09
Brauner Letten mit Kohle	0	30	133	39
Feste Glanzkohle	2	52	135	91
Grauer Letten	0	80	136	71
Grauer Quarzsand	1	92	138	63

Die beiden Bohrlöcher Nr. 7 und 9 lassen auch die Auffassung zu, daß trotz der unbezweifelten Höherlage des Salesiussandsteines dieser das Liegende der Tertiärformation bilden konnte, daß er westlich gegen die beiden Bohrungen zu durch einen Verwurf abgeschnitten sei und die beiden Bohrlöcher im abgesunkenen Hangend geteuft wurden. Diese Deutung ist jedoch aus zwei Gründen absolut unzulässig, und zwar:

1. Die Brüxer Kohlenbergbau-Gesellschaft teufte auch nördlich von der Salesiushöhe ein Bohrloch ab, welches ebenfalls nur Miozänschichten durchsank; das Profil dieser Bohrung Nr. 4, in 406·0 *m* Seehöhe angesetzt, ist das nachstehende:

Gebirgsart	Stärke der Schichten		Gesamtteufe	
	m	*cm*	*m*	*cm*
Gelblichgrauer, erdiger Kies	0	95	0	95
Eisenschüssiges, lehmiges Gerölle	3	45	4	40
Grünlicher, fester Kiessand	0	85	5	25

Gebirgsart	Stärke der Schichten		Gesamtteufe	
	m	cm	m	cm
Schwarzgrüner Letten mit Glimmer	0	65	5	90
Gelbgrüner Letten mit viel Glimmer	4	30	10	20
Grünlichgrauer Letten	0	25	10	45
Grauer Letten mit Glimmer	0	30	10	75
Gelbgrau gestreifter Letten mit Glimmer	0	50	11	25
Dunkelgrauer und sandiger Letten mit Quarzsand	0	35	11	60
Gelbgrauer Letten mit röschem Quarzsand	0	30	11	90
Blaugestreifter Letten	0	40	12	30
Gelbgrünlich gestreifter Letten	1	55	13	85
Gelber Sand, etwas lettig	0	40	14	25
Weißgrauer röscher Sand voll Glimmerschuppen	0	30	14	55
Grauer Letten mit gelbem Quarzsand	1	30	15	85
Reiner, gelber Sand	0	20	16	05
Grauer Letten	0	70	16	75
Gelber Quarzsand	2	40	19	55
Grauer Letten	4	75	23	90
Grauer, feiner Sand mit Glimmer	0	95	24	85
Dunkelgrauer, fester Letten	12	55	37	40
Sandiger Lettenstein	0	30	37	70
Grauer Letten mit Glimmer	3	85	41	55
Grauer, feiner Sand mit viel Glimmer	2	95	44	50
Grauer Letten	4	20	48	70
Grauer Letten mit Kohlenspuren und Glimmer	0	35	49	05
Lettenstein	0	15	49	20
Grauer Letten mit Glimmer	3	30	52	50
Feinkörniger, fester, grauer Sandstein	8	20	60	70
Lettenstein	0	10	60	80
Grauer Letten mit Glimmer	2	00	62	80
Grauer, feinsandiger Letten mit Kohlenruß	0	65	63	45
Fester, schwarzgrauer Sandstein	4	15	67	60
Sehr fester, schmutziggelber Sandstein	12	55	80	15

Gebirgsart	Stärke der Schichten		Gesamtteufe	
	m	*cm*	*m*	*cm*
Dunkelgrauer Letten mit Kohle	0	40	80	55
Unreine, weiche Kohle (Kohlenschiefer)	1	95	82	50
Schwarzbrauner, sandiger Letten	0	50	83	00
Reine, feste Glanzkohle	0	65	83	65
Grauer Letten mit Glimmer	1	15	84	80
Reine, feste Glanzkohle	1	15	85	95
Brauner, sandiger Letten mit Kohle (0·7 *m*).	0	85	86	80
Schwarzer Letten mit Kohle.....	0	90	87	70
Grauer Letten mit Glimmer	1	45	89	15
Weißer, blähender Ton mit Glimmer.....	1	10	90	25

2. Der Liegendsandstein, der hier unmittelbar auf Gneis liegt und der vermöge dieser seiner Lagerung oligozän sein dürfte, hat petrographisch mit dem Salesiussandsteine fast gar keine Ähnlichkeit; jener ist von geringer Festigkeit, hat ein toniges Bindemittel, verwittert leicht, ist dunkler braun gefärbt und ist wenigstens stellenweise geschichtet. Es kann somit der höchst feste, wetterbeständige, quarzitische, vorwiegend massige und weiße Salesiussandstein mit dem 150 *m* nördlich anstehenden Liegendsandstein unmöglich identifiziert werden. Zwischen beiden liegt das mittels der Bohrung Nr. 4 durchsunkene Miozän, wie dies im Profil (Seite 298) sichtbar ist.

Dieses Profil wurde auf Grund der Katastralkarte und der genauen Höhenangaben, die ich nebst andern Daten der Güte des Herrn Berginspektors Rudolf Pokorny in Ossegg verdanke, entworfen. Das Profil wurde von SE nach NW querweise zum Streichen gelegt, so daß die drei Bohrungen auf diese Vertikalebene projiziert werden durften. Die Kombination ergibt ein übereinstimmendes Verflächen der Flözsohle mit 9° südostwärts.

Das Kohlenflöz zerschlägt sich gegen das Ausgehende hin in drei Bänke (Bohrloch Nr. 4) mit 2·50 *m* Kohle und zwei

Bergmitteln von 1·30 *m* Gesamtstärke; gegen die Tiefe hin nimmt die Kohlenmächtigkeit allmählich zu, ist in der Bohrung Nr. 7 4·46 *m*, in Nr. 9 schon 6·82 *m* und im Alexander-Luftschacht 8·1 *m*. Dies stimmt auch mit dem direkten Flözaufschlusse, der weiter östlich bei Ossegg gemacht wurde, überein.

Während die Ergebnisse dieser drei Bohrungen auf eine relativ ruhige Flözablagerung verweisen, so ist dies im übrigen Teile des Profils nicht der Fall.

Zeichnet man das Hangend des Liegendsandsteines entsprechend der Karte in das Profil ein, so muß das Kohlenflöz nördlich von der Bohrung Nr. 4 rasch aufsteigen oder anderweitig gestört sein.

Das Flözverflächen wurde im Alexander-Luftschachte (316·27 *m* Seehöhe) durch ein über 160 *m* langes Gesenke mit 7°, tiefer mit 1° 3′ festgestellt. Zeichnet man dies in das Profil ein, so findet man in der Nähe der Bohrung Nr. 9 keinen Anschluß. Es liegt also südlich von der Salesiushöhe ein Verwurf, der höchst wahrscheinlich ein Sprung ist, dessen Saigerhöhe zirka 300 *m* betragen würde, wenn sich der Flözflügel des Alexanderschachtes nicht gegen das Ansteigen hin steiler stellen dürfte, wofür ja mehrere Wahrscheinlichkeitsgründe sprechen, in erster Linie der, daß im Alexanderschacht das Flöz in der Tiefe flacher (1° 3′) liegt als im oberen Teile gegen die Grundstrecke zu (7°). Man kann also voraussetzen, daß die Sprunghöhe kleiner als 300 *m* sein wird.

Mit welchem bisher in den nachbarlichen Bergbauen aufgeschlossenen Verwurf jener der Salesiushöhe zu identifizieren ist, läßt sich heute noch nicht sicher sagen, da sein Streichen unbekannt ist. Ich vermutete, daß er in das nachbarliche, westlich vorliegende Marienfeld der Duxer Kohlenwerksgesellschaft fortsetzen könne, da in der sogenannten Revierkarte[1] an einer Stelle längs einer geraden Linie alle Flöz-Höhenschichtenlinien von +320 bis +260 *m* Seehöhe plötzlich aufhören. Auf meine

[1] Geologische und Grubenrevierkarte des nordwestböhmischen Braunkohlenbeckens, herausgegeben von dem vereinigten Brüx-Dux-Oberleutensdorfer Bergrevier 1898.

Anfrage erhielt ich auch den Bescheid, daß hier in der Tat das Flöz von einem mit 30 bis 35° generell östlich einfallenden Verwerfer abgeschnitten wurde, dessen Sprunghöhe mit 80 bis 100 *m* geschätzt wird. Seine Verlängerung gegen Ost fällt etwas südlich von der Salesiushöhe, so daß es im hohen Grade wahrscheinlich ist, daß dieser Marienschachter Verwurf mit dem in meinem Profil eingezeichneten übereinstimmt.

Im östlichen Teile des Mariagrubenfeldes sind noch mehrere kleinere Verwürfe bekannt. Es ist deshalb auch möglich, daß zwischen dem Alexander-Luftschacht und der Salesiushöhe eine Reihe von Sprüngen durchzieht, welche in ihrer Summe eine große Sprunghöhe ergeben würden.

In der schon einmal erwähnten Revierkarte ist ein Verwurf zwischen den beiden Schächten Fortschritt I und II eingezeichnet, welcher generell nach W südlich vom Nelsonschachte III streicht. Er wird der Inundationsverwurf genannt, weil er während der Dux-Teplitzer Katastrophe die inundierten Schächte von den übrigen abgrenzte.

Verlängert man in dieser Karte das mittlere Streichen des Inundationsverwurfes nach W, so zieht sich diese Linie südlich von der Salesiushöhe und der Bohrung Nr. 9 vorbei und fällt genau mit dem großen Mariaschachter Verwurfe zusammen; doch stimmen die Verflächungsrichtungen da und dort nicht überein. Daß Verwürfe in ihrer streichenden Fortsetzung widersinnisches Verflächen annehmen, also einer windschiefen Fläche entsprechen, ist eine oft erwiesene Tatsache.

Ich verdanke Herrn Berginspektor R. Pokorny eine Karte, in welcher der Inundationsverwurf auf Grund neuerer Aufschlüsse noch weiter nach West eingezeichnet ist als in der erwähnten Revierkarte. Diese Fortsetzung streicht jedoch nördlich von der Salesiushöhe durch. Ich vermute, daß der Inundationsverwurf sich in seinem westlichen Teile gabelt.

In dem Profil sollte im Alexander-Luftschachte der Salesiussandstein, entsprechend seiner Entfernung vom Kohlenflöze, durchsetzen, was jedoch nicht der Fall ist. Es keilt also dieser Sandstein gegen Süd aus, was ja schon in dem früher beschriebenen Steinbruche I beobachtet wurde, dort jedoch möglicherweise auch als Denudationserscheinung erklärt werden konnte.

Die südafrikanischen Testudo-Arten der Geometrica-Gruppe s. l.

von

Kustos **Friedrich Siebenrock.**

(Mit 5 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Juni 1904.)

Einige Schwierigkeiten bei der Bestimmung bereiten die südafrikanischen *Testudo*-Arten aus der *Geometrica*-Gruppe s. l. mit Ausnahme von *T. geometrica* Linné und *T. oculifera* Kuhl, welch letzteren durch ihre habituellen Merkmale und durch die charakteristische Färbung sowohl unter sich als auch von allen andern leicht unterschieden werden können. Von den übrigen Arten aber, die teilweise sehr selten und daher nur in gezählten Exemplaren bekannt sind, gelangen meistens bloß die Schalen in die Museen und überdies sehr häufig noch mit verstümmeltem Plastron, weil sie bei den Eingebornen als Buchutäschchen, d. h. Riechpulverbehälter, in Verwendung stehen. So besitzt das Senckenberg-Museum in Frankfurt a. M. zehn Schalen, welche zu vier Arten gehören, aber kein einziges ganzes Exemplar. Über sie hat schon Boettger (Ber. Senck. Ges. 1889) seinerzeit berichtet, allein einige dieser Bestimmungen scheinen mir nicht ganz richtig zu sein, wie ich mich zu überzeugen Gelegenheit hatte und in der Folge nachzuweisen versuche. Boettger hatte eben damals nicht alle bisher bekannten Arten zum Vergleiche vorliegen, was die Bestimmung bei der großen Variabilität einzelner Arten bedeutend erschwert trotz der ausgezeichneten Abbildungen von Boulenger (Pror. Zool. Soc. 1886 und Cat. Chelon. 1889), Bell (Mon. Test. 1835) und Smith (Ill. Zool. S. Afr., Rept. 1839). Für diese Zwecke werden

eben die typischen Exemplare verwendet, während die nachzubestimmenden Tiere infolge individueller Variationen oft ganz anders aussehen als jene.

Dank des freundlichen Entgegenkommens von Seite der Museen in Frankfurt a. M., Berlin und München gelang es mir, fast alle südafrikanischen *Testudo*-Arten der *Geometrica*-Gruppe, die dem hiesigen Museum noch größtenteils fehlen, mit in den Kreis meiner Betrachtungen zu ziehen. Bloß *T. strauchi* Lidth (Not. Leyden Mus. XV, 1893) und *T. seimundi* Blgr. (Ann. Nat. Hist. (7), XII, 1903), von denen nur die Typen bekannt sind, konnten wegen Mangel an Autopsie nicht eingehender berücksichtigt werden.

Boulenger c. l. hält letztere Art als zunächst verwandt mit *T. tentoria* Bell. Nach den beigegebenen Abbildungen zu schließen, dürfte sie aber der *T. verreauxii* Smith viel näher stehen als der vorgenannten Art. Für *T. tentoria* Bell sind eben die stark tuberkelartig erhöhten Vertebralia, auch schon bei ganz jungen Tieren, und die auffallend kleinen Areolen sehr charakteristisch.

Schließlich spreche ich den Herren Kustos F. Römer, Prof. G. Tornier und L. Müller von den genannten Museen für die leihweise Überlassung ihres wertvollen Materials zu dieser Arbeit meinen verbindlichsten Dank aus.

Boulenger (Cat. p. 152) teilt die südafrikanischen *Testudo*-Arten der *Geometrica*-Gruppe nach dem Verhalten der Schenkeltuberkel in zwei Gruppen. Da aber gewöhnlich nur die Schalen, wie schon hervorgehoben wurde, in unsere Hände gelangen, kann dieses Merkmal bloß in den seltensten Fällen angewendet werden.

Um diese Arten in zwei Gruppen zu teilen, bietet die Schale selbst ein sehr sicheres Unterscheidungsmerkmal dar. Denn bei allen Arten ist das Axillare entweder einfach oder es zerfällt in zwei Schildchen. Zur ersteren Gruppe gehören *T. geometrica* Linné und *T. oculifera* Kuhl, zur letzteren die übrigen Arten.

Auch die andern Merkmale, welche Boulenger c. l. in seiner Synopsis anführt, scheiden nach meinem Dafürhalten

wenigstens teilweise nicht präzis genug die einzelnen Arten. Der Marginocostalwinkel ist bei mehr Arten anwesend, als Boulenger angibt und bei den verschiedenen Exemplaren derselben Art sehr ungleich entwickelt; ja er kann bei dem einen Individuum sogar fehlen, während er bei einem andern stark hervortritt. Ebenso verhält es sich mit der gularen Mittelnaht, die innerhalb derselben Art bald länger, bald kürzer als die anale ist. Muß daher bei der Bestimmung hauptsächlich auf die Schale Rücksicht genommen werden, so ist man allerdings fast ausschließlich auf die Färbung derselben angewiesen. Sie tritt jedoch bei einer jeden Art mit einer solchen Gesetzmäßigkeit auf, daß sie als Unterscheidungsmerkmal ihren Zweck vollkommen erfüllt.

Somit würde die Synopsis dieser *Testudo*-Arten folgendermaßen lauten:

Nuchalschild anwesend.

I. Axillaria einfach.

1. Nuchale sehr schmal, verlängert; Rückenschale nicht oder nur sehr schwach gesägt **geometrica.**
2. Nuchale groß, hinten breit; Rückenschale sehr stark gesägt **oculifera.**

II. Axillaria in zwei Schildchen geteilt.

a) Diskoidalschilder flach oder nur wenig tuberkelartig erhaben; Areolen mit schwarzen Flecken.

3. Erstes Costale nicht größer als das vierte; nur gelbe Radien auf der Rückenschale anwesend **boettgeri.**
4. Erstes Costale größer als das vierte; gelbe und rote Radien auf der Rückenschale anwesend **verreauxii.**
5. Erstes Costale größer als das vierte; nur gelbe Radien auf der Rückenschale anwesend **smithii.**

b) Diskoidalschilder stark tuberkelartig erhaben; Areolen ohne schwarze Flecken.

6. Wenige und schmale gelbe Radien auf der Rückenschale; ein gelber Fleck auf der Naht zweier Costalia **trimeni.**

7. Viele und breite gelbe Radien auf der Rückenschale; kein gelber Fleck auf der Naht zweier Costalia **tentoria.**
8. Wenige und breite gelbe Radien auf der Rückenschale; Ocellen zwischen den Costalia **fiskii.**

Da die beiden Arten der ersten Gruppe ohnedies nicht unschwer zu erkennen und nicht allzu selten sind, beschränke ich mich im folgenden auf die Arten der zweiten Gruppe.

Testudo boettgeri Siebenr.

Testudo smithii, part. Boettger, Ber. Senck. Ges. 1889, p. 285.
Testudo smithii, var. Boettger, Kat. Rept. Senck. Ges. I, 1893, p. 10.
Testudo boettgeri. Siebenrock, Anz. Ak. Wiss. Wien, 1904, Nr. XVI.

Länge des Rückenschildes 122 *mm*, dessen Breite 94 *mm*, Höhe der Schale 64 *mm*.

Rückenschale oval, vorn unbedeutend schmäler als hinten; Vorderrand mitten nur wenig ausgeschnitten, seitlich nicht gesägt; Vertebralgegend flach, Diskoidalschilder ohne tuberkelartige Erhebungen; zwischen den Costalia und Marginalia keine Furche wahrnehmbar, die beiden Schilderreihen stoßen vielmehr ganz flach aneinander. Nuchale sehr klein, unbedeutend länger als breit; Vertebralia breiter als lang, das dritte nahezu doppelt so breit als lang; erstes und zweites Vertebrale ebenso breit, drittes und viertes breiter als die entsprechenden Costalia.

Auffallend ist der geringe Größenunterschied zwischen den Costalia. Dies äußert sich insbesondere beim ersten und vierten Costale, welche in der Ausdehnung kaum merklich verschieden sind, während sonst das erste Costale das letzte an Größe gewöhnlich erheblich übertrifft. Ebenso sind die hinteren Marginalia, besonders das achte und neunte Paar, das meistens am breitesten ist, ganz wenig von den seitlichen in der Größe verschieden.

Vorderlappen des Plastrons vorn ausgeschnitten; vom Hinterlappen ist bloß ein Stück anwesend, weshalb über das Verhältnis der gularen Mittelnaht zur analen keine Angaben gemacht werden können. Erstere ist verhältnismäßig lang, länger als bei viel größeren Schalen von *T. smithii* Blgr. und *T. verreauxii* Smith. Mit dem Außenrande des pektoralen und

abdominalen Schildes verbinden sich fünf anstatt vier Marginalia. Gewöhnlich liegt dem ersteren Schilde nebst dem vierten und fünften Marginale nur der vorderste Teil des sechsten an, während die hintere, größere Hälfte desselben und das folgende siebente Marginale mit dem Abdominale in Verbindung tritt. Bei dieser Schale begrenzt aber das sechste Marginale zur Hälfte noch den pektoralen Außenrand, seine hintere Hälfte, das siebente sowie ein Teil des achten Marginale ist mit dem abdominalen verbunden. Deshalb bilden hier bloß drei Marginalia den freien Hinterrand der Schale, dagegen bei den andern Arten vier. Diese Verschiebung der Marginalia, welche eine veränderte Verbindung derselben mit der Brücke verursacht, dürfte bloß auf eine individuelle Aberration zurückzuführen und daher als artliches Unterscheidungsmerkmal kaum verwendbar sein. Auch bei Schalen der andern Arten dieser Gruppe kommt dies zuweilen vor, wohl nur immer einseitig, und zwar dann, wenn auf der betreffenden Seite 12 anstatt 11 Marginalia anwesend sind. Die Schale von *T. boettgeri* Siebenr. besitzt aber ganz normal 11 Marginalpaare, von denen fünf mit der Brücke und nicht zwei, sondern drei mit dem Abdominale in Verbindung treten. Daher ist der Seitenrand des letzteren auch länger als bei den übrigen Arten dieser Gruppe, denn er übertrifft den pektoralen um ein Drittel der Länge, während der Unterschied gewöhnlich bloß ein Fünftel beträgt oder die Seitenränder der beiden Schilder können auch gleich lang sein. Axillaria in zwei Schildchen geteilt.

Die Färbung dieser Schale hat schon Boettger c. l. vortrefflich beschrieben, weshalb ich die einschlägige Stelle der Vollständigkeit halber im Wortlaute hier folgen lasse: »Zu dieser Art (nämlich *T. smithii* Blgr.) rechne ich mit Reserve auch ein Stück etc. Bei ihm zeigen sich auf dem zweiten Vertebrale fünf, auf dem ersten und dritten sechs, auf dem vierten und fünften sieben gelbe schmale Radien; das Caudale trägt fünf Strahlen, die sich unten in seiner Spitze vereinigen. Die Costalen besitzen sechs bis sieben, die Marginalen bald einen, bald zwei Strahlen. Die Zeichnung ist also erheblich vereinfacht (im Vergleiche zu *T. smithii* Blgr.), hell schwefelgelb auf tiefem, aber mattem Schwarz; die gelbe Areole trägt einen

schwarzen Mittelfleck. Die Färbung und Zeichnung des Bauchpanzers ist dieselbe wie beim Typus der Art (*T. smithii* Blgr.), aber die braunen Zebrastreifen der Humeralen und Pektoralen sind zu einem uniform braunen, fünfeckigen Mittelfleck zusammengeflossen.«

Dieser Beschreibung wäre noch beizufügen, daß die seitlichen Radien des zweiten bis vierten Costale sich zu einer Längsbinde so wie bei *T. trimeni* Blgr. vereinigen, die bei keiner Schale von *T. smithii* Blgr. auch nur angedeutet ist. Ferner hat die Unterfläche der hinteren freien Marginalen und das Supracaudale eine einfache gelbe Färbung, bei *T. smithii* Blgr. aber sind teilweise rudimentäre braune Radien anwesend, von denen zwei auf dem Supracaudale regelmäßig und am deutlichsten auftreten.

Boettger c. l. stellte diese Schale zu *T. smithii* Blgr., er spricht aber zugleich die Möglichkeit aus, daß sie vielleicht einer noch unbeschriebenen Spezies angehöre, da sie zwar im Habitus sehr mit der vorgenannten übereinstimmt, in der Färbung des Rückenpanzers jedoch erheblich abweicht. *T. boettgeri* Siebenr. hat in der Färbung der Rückenschale entschieden große Ähnlichkeit mit *T. trimeni* Blgr., nur fehlen ihr auf der Naht zweier Costalen unterhalb der Längsbinde die kleinen gelben Flecken. Im Habitus gleicht sie am ehesten der *T. smithii* Blgr., die Schalenoberfläche ist aber noch flacher, insbesondere in der Vertebralgegend; der Hauptunterschied liegt jedoch im Größenverhältnis der Costalschilder.

Nach dem soeben Gesagten glaube ich nicht fehl zu gehen, wenn ich diese Schale als Vertreterin einer neuen Art anspreche, obwohl die für das Beurteilen so wichtigen Körperteile, wie der Kopf, die Gliedmaßen und der Schwanz, gänzlich fehlen.

Ich erlaube mir, diese neue Art nach Herrn Prof. O. Boettger zu benennen für seine große Liebenswürdigkeit, womit er mir das Recht einräumte, die Schalen der so seltenen *Testudo*-Arten aus Südafrika, die Eigentum des Senckenberg-Museums in Frankfurt sind, einer sorgfältigen Prüfung zu unterziehen.

Eine Schale aus Groß-Namaland dem Senckenberg-Museum in Frankfurt gehörig.

Testudo verreauxii Smith.

Testudo verreauxii, Smith, Boettger, Ber. Senck. Ges. 1889, p. 285.
Testudo tentoria, part. Boettger, ebendaselbst.

Von dieser seltenen Art liegen mir sieben Schalen und ein Spiritusexemplar, ♂, vor, welch letzteres von Prof. M. Weber in Amsterdam eingetauscht wurde. Über dasselbe hat schon seinerzeit J. Th. Oudemans (Zool. Anz. XVIII, 1895, p. 323) berichtet und auch hervorgehoben, daß die zwei von M. Weber in Klein-Namaland gesammelten Exemplare dieser Art ein wohlausgebildetes Horntuberkel auf der Hinterfläche des Oberschenkels besitzen. Aus diesem Grunde ist *T. verreauxii* Smith von der *Geometrica*-Gruppe weg- und zur *Tentoria*-Gruppe zu stellen. Diese Transferierung ist jedoch überflüssig geworden, weil nach der neuen, von mir aufgestellten Synopsis das Verhalten des Horntuberkels auf dem Oberschenkel als Artenmerkmal überhaupt nicht mehr in Anwendung kommt. Das besagte Exemplar weist folgende Maße auf: Länge des Rückenschildes 93 *mm*, dessen Breite 71 *mm*, Höhe der Schale 46 *mm*.

Rückenschale oval, hinten seitlich breiter als vorn, ziemlich stark gewölbt; Vorderrand mitten winkelig ausgeschnitten, seitlich nicht gesägt, hinten aber sehr deutlich, wenn auch nicht stark. Diskoidalschilder nur wenig angeschwollen. Die Profillinie der Rückenschale steigt vom ersten bis zur Areole des dritten Vertebrale sanft an und fällt besonders vom vierten Vertebrale zum Supracaudale steil ab. Der Winkel zwischen den Marginal- und Costalschildern sehr deutlich. Vertebralia breiter als lang; erstes und zweites Vertebrale schmäler, drittes ebenso breit und viertes breiter als die entsprechenden Costalia. Nuchale sehr klein, vorn aufwärts gebogen, kaum länger als breit. Supracaudale stark nach rück- und einwärts gekrümmt, mitten eine Längsfurche, welche aber nicht den unteren Rand erreicht. Letztere dürfte wohl auf eine Anomalie zurückzuführen sein. Die starke Auswölbung des Supracaudale ist ein sekundärer Geschlechtscharakter dieser Gruppe, der weniger in der Form des Plastrons als viel mehr in der genannten Weise zum Ausdrucke kommt. Marginalia vorn schmäler als hinten, am schmälsten seitlich, letztere werden von einer tiefen Längs-

furche durchschnitten, die schon Oudemans c. l. erwähnt hat. Die Schilder stark konzentrisch gefurcht, die Areolen der Diskoidalschilder groß, vom zweiten und dritten Vertebrale viel breiter als lang.

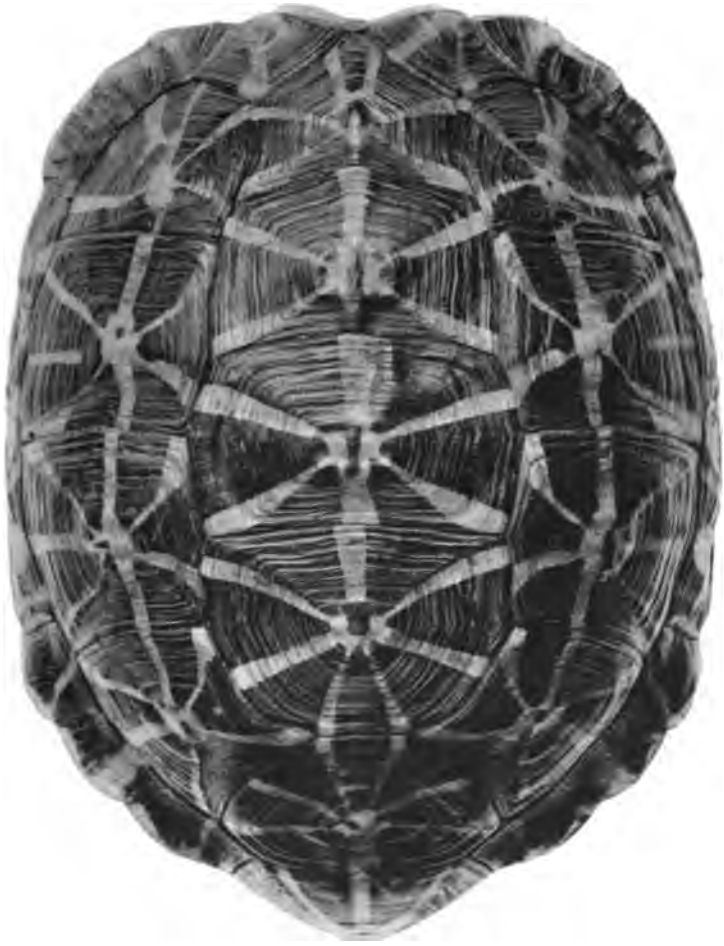
Plastron vorn und hinten ausgeschnitten. Gulare Mittelnaht so lang als die anale, die humerale länger als die femorale und bedeutend länger als die pektorale; die femorale Mittelnaht länger als die anale. Axillaria kleiner als die Inguinalia. Die ersteren in zwei Schildchen geteilt, von denen das hintere am größten ist.

Oberkiefer mitten schwach hakenförmig, seitlich gezahnt; Vorarm vorn mit großen, abgerundeten, imbrikaten Schuppen bedeckt. Am Hinterschenkel ein großes Horntuberkel, umgeben von einem Kranze kleinerer. Schwanz mäßig lang; auf seinem Rücken liegen zwischen den kleinen Schuppen viel größere runde, die an der Schwanzspitze zusammenstoßen und sie vollständig bedecken.

Diskoidalschilder braun, die Areolen gelb; die gelbe Farbe dehnt sich beim ersten Vertebrale vorn noch über die große Areole aus, während sie bei den übrigen Vertebralia dieselbe nicht ganz einnimmt, sondern ein quergestelltes breites Kreuz bildet, dessen vier Schenkel als breite Bänder zu den Ecken der betreffenden Schilder hinziehen. Nur zwischen den vorderen Schenkeln des zweiten bis vierten Vertebrale überschreitet die gelbe Farbe die Areole, indem von ihr ein kurzer Streifen ausgeht, der aber nur bis zur Hälfte des Vorderrandes reicht und mit einem gelben, runden Fleck korrespondiert, der am Hinterrande des zweiten und dritten Vertebrale gelegen ist. Dies dürften wohl die Andeutungen unvollkommen entwickelter Vertebralstreifen sein. Bei den Areolen der Costalia überschreitet die gelbe Farbe sehr stark ihre Grenze, aber es ragen fast immer von der einen oder andern Seite braune Streifen hinein, die teilweise abgetrennt als kleine braune Flecken auftreten.

Das Radiensystem ist durch die unregelmäßige und zum Teile sehr ausgedehnte Entfaltung der gelben Farbe auf den einzelnen Schildern nicht deutlich zum Ausdrucke gebracht. Nur das zweite bis fünfte Vertebrale hat je vier ziemlich breite Radien, während ein fünfter und eventuell sechster Strahl nur andeutungsweise vorkommt. Ebenso sind bei den drei ersten

1.



Testudo boettgeri Siebenr.

Digitized by Google

2.

Testudo boettgeri Siebenr.

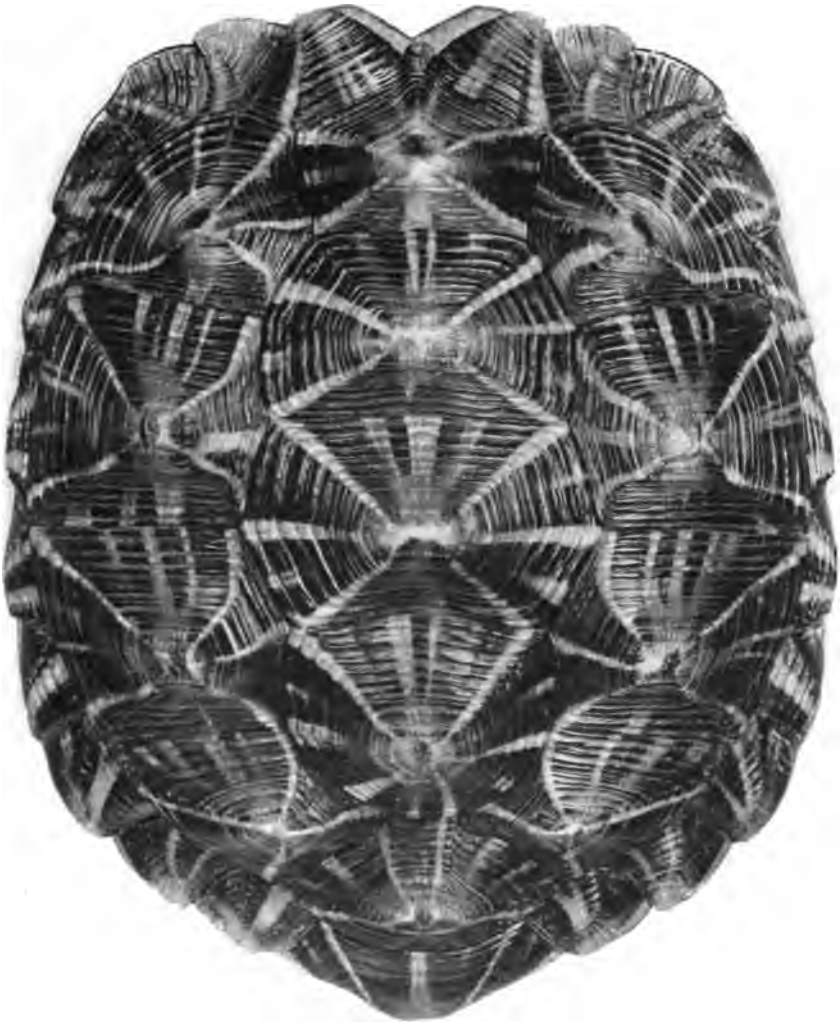
Stanford University

3.

Testudo smithii Blgr.

Digitized by Google

4.



Testudo verreauxii Smith, adult.

Digitized by Google

5.

Testudo verreauxii Smith. jun.

6.

Testudo fiskii Blgr.

Digitized by Google

Costalia nur die oberen Radien wohl ausgebildet, die unteren stellen teilweise kurze Fortsätze der Areolen dar, so wie dies auch bei den seitlichen der Fall ist. Die letzteren können bei manchen Exemplaren ansehnlich breit und mitsammen verbunden sein, so daß sie auf der Schale beiderseits ein breites Längsband bilden, wie dies an einer Schale aus Deutsch-Südwestafrika schön zu sehen ist.

Auf den Marginalia prädominiert die gelbe Farbe gleichfalls; bloß die rückwärtigen Schilder sind braun und entsenden von der gelben Randareole zwei breite Streifen, einen auf- und den andern vorwärts. Diese Streifen werden bei den vorderen und seitlichen Marginalia so breit, daß der braune Teil auf einen wagrechten, dreieckigen Fleck reduziert wird, während die Schilder sonst vollständig gelb erscheinen. Das ziemlich große Supracaudale besitzt fünf wohlausgebildete Radien, von denen der mittlere am breitesten ist.

Die Färbung des Plastrons weicht insofern von Smith's Darstellung (Ill. Zool. S. Afrika, Rept. 1839, Taf. VIII) ab, als das braune Band nicht bei den Gularen beginnt, sondern erst bei den Pektoralen, weshalb der Vorderlappen bis auf einen braunen Querstrich auf dem linken Humerale einförmig gelb ist. Brücke sowie die Marginalia unten gleichfalls gelb; von den letzteren besitzen zwei bis vier einen kleinen braunen Fleck.

Die Färbung des soeben beschriebenen Exemplares dürfte wohl nicht normal sein, wie der Vergleich mit andern Schalen beweist. Sie ist fast weniger ausgebildet als bei der Schale eines ganz jungen Tieres von 54 *mm* Länge, während die Schalen erwachsener Exemplare ein sehr reich gegliedertes Strahlensystem aufweisen. Insbesondere zeigt dies die Schale eines erwachsenen ♀ von 130 *mm* Länge, 105 *mm* Breite und 70 *mm* Höhe, Taf. IV, Fig. 4.

Die Diskoidalschilder sind mäßig tuberkelartig aufgetrieben, aber nicht so stark als bei *T. trimeni* Blgr. oder bei *T. tentoria* Bell. Auch die Marginalia zeigen eine mäßige Anschwellung, sie bilden aber mit den anstoßenden Costalia keinen deutlichen Winkel und bei zwei andern Schalen treffen die beiden Schilderreihen ganz flach zusammen. Vorderrand der Schale mitten tief

ausgeschnitten und seitlich ebenso wie der Hinterrand schwach gesägt. Nuchale sehr klein, breiter als lang und vorn aufwärtsgebogen. Gulare Mittelnaht am Plastron bedeutend kürzer als die anale und diese doppelt so lang als die femorale, welche gleich ist der pektoralen; humerale Mittelnaht länger als die anale.

Die Grundfarbe der Rückenschale ist dunkelbraun und jeder Schild enthält zweierlei Streifen, nämlich strohgelbe und zwischen diesen licht- oder leberbraune. Dadurch erhält die Schale ein sehr lebhaftes und zugleich charakteristisches Aussehen, denn die leberbraunen Streifen sind bei keiner andern *Testudo*-Art aus der *Geometrica*-Gruppe s. l. anwesend. Die eigentümliche Färbung, welche durch das Auftreten der lichtbraunen Radien zwischen den strohgelben auf dunkelbraunem Grunde erzielt wird, bildet das hauptsächlichste Unterscheidungsmerkmal zwischen *T. verreauxii* Smith und *T. smithii* Blgr., da bei der letzteren die lichtbraunen Streifen gänzlich fehlen.

Jedes Vertebrale besitzt vier gelbe Radien, die von der gleich gefärbten Areole ausgehen und ein schräges Kreuz bilden. Dieses wird beim dritten und vierten Vertebrale noch von einer frontalen gelben Linie durchschnitten, so daß die Zahl der Radien auf sechs steigt. Zwischen diesen liegen nun, mehr weniger deutlich ausgebildet, Radien von lichtbrauner Farbe in verschiedener Anzahl, und zwar seitlich gewöhnlich einer zwischen zwei gelben, nach vorn aber drei bis vier. Eine Ausnahme davon macht das fünfte Vertebrale wegen der Form und seiner differenten Anordnung der vier gelben Streifen. Die vorderen liegen sehr nahe nebeneinander und die rückwärtigen bilden einen stumpfen Winkel, wodurch seitlich ein ziemlich großer Zwischenraum entsteht, in dem zwei bis drei lichtbraune Radien Platz finden. Die rückwärtigen Radien sind zumeist weniger deutlich als die seitlichen wegen ihrer viel geringeren Länge. Zuweilen verschmelzen die vorderen und rückwärtigen Radien zwischen den Areolen des ersten bis vierten Vertebrale zu einer breiten, rötlichgelben Längsbinde, Taf. V, Fig. 5.

Aus der Betrachtung dieses Streifensystems läßt sich folgendes deduzieren: Die gelben Streifen scheinen die ursprüng-

lichsten zu sein, wie der Vergleich mit jungen Exemplaren zeigt, wo nur diese anwesend sind. Sie ziehen von der Areole gegen die Ecken hin, weshalb jeder Schild gewöhnlich so viele Streifen als Ecken hat. Die licht- oder leberbraunen Streifen entstehen erst nachträglich zwischen den gelben durch Resorption der dunkelbraunen Farbe, weil diese aber nur unvollkommen vor sich geht, behalten die Streifen eine lichtbraune Färbung bei.

Die Costalia besitzen vier bis fünf gelbe Radien und zwischen diesen gewöhnlich seitlich und unten lichtbraune in wechselnder Zahl, die seitlich immer größer ist als unten. Die seitlichen Radien können auch mitsammen verschmelzen und bilden dann beiderseits ein rötlichgelbes Längsband, das von der Areole des ersten bis zum vierten Costale reicht, Taf. V, Fig. 5. Bei den Marginalia ist auf den vorderen und hinteren eine geringere Radienzahl als auf den seitlichen. Das Supracaudale hat gewöhnlich fünf gelbe Radien, die von der randständigen Areole fächerförmig zu den Ecken hinstreben und zwischen diesen liegen die lichtbraunen, welche aber nicht so deutlich als die gelben sind. Auf den Areolen der meisten Diskoidalschilder findet sich ein dunkelbrauner, kleiner Fleck vor.

Die braune Längszone in der Mitte des Plastrons ist bei diesem Exemplar in einzelne Radien aufgelöst, die Boettger c. l. ganz treffend als Zebrastreifen bezeichnet hat.

Boettger c. l., p. 284, hielt das eben beschriebene Exemplar für *T. tentoria* Bell wegen den tuberkelartig erhabenen Schildern der Rückenschale. Der Vergleich mit einem Individuum der letzteren Art macht diese Bestimmung sofort hinfällig. Das genannte Exemplar unterscheidet sich von *T. tentoria* Bell, abgesehen von den viel weniger tuberkelartig erhabenen Diskoidalschildern und den bedeutend größeren Areolen derselben, besonders aber der Vertebralia, durch die Färbung des Rücken- und Bauchschildes, die so grundverschieden ist, daß die Unterscheidung nicht schwer fällt, wenn man sich nicht durch die Form der Diskoidalschilder irreleiten läßt. Das typische Exemplar von *T. verreauxii* Smith war ein halberwachsenes Tier, weshalb in der betreffenden Abbildung die Anschwellung der Diskoidalschilder nicht deutlich genug

zum Ausdrucke gebracht wurde, wie dies Schalen von jüngeren Tieren beweisen, die mir in mehreren Exemplaren vorliegen.

Sieben Schalen; davon drei aus Groß-Namaland und vier aus Deutsch-Südwestafrika; erstere sind Eigentum des Senckenberg-Museums in Frankfurt, letztere des Museums in Berlin. Ein Exemplar in Spiritus von Jakhalswater (Klein-Namaland), Eigentum des Wiener Museums.

Testudo smithii Blgr.

Testudo smithii, part. Boettger, Ber. Senck. Ges. 1889, p. 285.
Testudo tentoria, part. Boettger, ebendaselbst.

Länge des Rückenschildes vom größten Exemplar, ♀, 134 *mm*, dessen Breite 104 *mm*, Höhe der Schale 65 *mm*. Diese Maße verhalten sich beim kleinsten Exemplar, ♂, wie 104 : 81 : 58.

Rückenschale oval, hinten seitlich unbedeutend breiter als vorn, ziemlich stark gewölbt; Vorderrand der Schale mitten winkelig ausgeschnitten, seitlich ganzrandig, Hinterrand seitlich etwas gesägt. Diskoidalschilder mehr weniger gleichmäßig gekrümmt, höchstens unbedeutend erhaben. Die Profillinie steigt vom ersten bis dritten Vertebrale sanft an und fällt hier, besonders aber vom vierten Vertebrale, steil ab. Die Marginalia bilden mit den Costalia nur beim kleinsten Exemplar, ♂, einen Winkel, bei den andern drei Schalen ist an dieser Stelle eine tiefere Furche bemerkbar. Vertebralia breiter als lang; bei den zwei mittleren Exemplaren das zweite und dritte Vertebrale besonders breit, letzteres bedeutend breiter als das entsprechende Costale. Das dritte Vertebrale ist bei dieser Art überhaupt breiter als bei *T. verreauxii* Smith. Nuchale sehr klein, länger als breit. Supracaudale beim ♂ stark konvex und einwärts gebogen, bei den ♀♀ mehr flach oder sogar eingebuchtet, mit dem freien Rande ab- und auswärts gekehrt.

Plastron vorn und hinten ausgeschnitten. Gulare Mittelnaht ebenso lang oder kürzer als die anale, letztere ebenso lang oder länger als die femorale, welche so lang oder länger als die pektorale ist; humerale Mittelnaht viel länger als die anale. Axillaria in zwei Schildchen geteilt.

Pages 319.– 322 see of the 330

Wenn Boulenger (Proc. Zool. Soc. 1886, p. 542) vom letzteren Faktum das Gegenteil berichtet, so dürfte dies auf die geringere Größe seines Exemplares zurückzuführen sein.

Nuchale klein, nicht länger als breit und vorn aufwärtsgebogen. Sechs Vertebralia abnormerweise anwesend, weil zwischen dem vierten und fünften Vertebrale ein akzessorisches Stück eingeschoben ist. Erstes Vertebrale etwas länger als breit, zweites bis fünftes breiter als lang; letztes bedeutend breiter als die übrigen Vertebralia und diese viel schmäler als die entsprechenden Costalia. Von den letzteren sind rechts fünf anwesend, weil das erste Costale, welches etwas länger ist als das normale auf der linken Seite, in zwei Hälften zerfällt. Dafür ist aber das vierte Costale bedeutend verkürzt, so daß die Symmetrie der beiden Schalenhälften nicht merklich gestört wird. Marginalia rechts 11, links 12. Die Vermehrung auf der letzteren Seite entstand durch die Teilung des elften Marginale in zwei Stücke. Die hinteren Marginalia sehr breit, bedeutend breiter als die seitlichen. Das unpaarige Supracaudale ist stark nach rück- und einwärts gekrümmt.

Plastron vorn wenig, hinten tief winkelig ausgeschnitten; gulare Mittelnaht kürzer als die anale, ebenso lang als die femorale und länger als die pektorale. Hier stehen so wie bei *T. boettgeri* Siebenr. beiderseits fünf Marginalia mit dem Außenrande des pektoralen und abdominalen Schildes in Verbindung, weshalb am Hinterrande der Schale rechts drei und links vier freie Marginalia anwesend sind. Plastron im hinteren Teil unbedeutend konkav. Der sekundäre Geschlechtscharakter äußert sich hauptsächlich in der stark konvexen Form des Supracaudale. Axillaria in zwei Schildchen geteilt.

Schilder der Rückenschale mit strohgelben Areolen, von denen ebenso gefärbte Radien ausgehen, die mit schwarzen, nahezu von der gleichen Stärke alternieren. Die Zahl der ersteren beträgt auf den Vertebralia fünf bis sieben, auf den Costalia acht bis neun und auf den Marginalia zwei bis drei; das Supracaudale besitzt sieben gelbe Radien, die von der randständigen Areole fächerförmig emporsteigen. Die schwarzen Radien der Diskoidalschilder haben fast durchgehends die Tendenz der Bogenbildung, die immer vor dem Rande der

gelben Areolen erfolgt. Dadurch entstehen die Ocellen zwischen den Costalschildern. Dieselben werden außer bei dieser Art in der *Geometrica*-Gruppe nur noch bei *T. oculifera* Kuhl beobachtet, weshalb sie ein ausgezeichnetes Bestimmungsmerkmal bilden.

Plastron strohgelb, in der Mitte von den Pektoralschildern an braun. Unterseite der Marginalia und des Supracaudale gelb; nur auf dem vierten bis siebenten Marginale braune Flecken anwesend. Obere Fläche der Gularschilder einfach strohgelb gefärbt.

Eine Schale, ♂, aus Capland; Eigentum des Wiener Museums.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. *Testudo boettgeri* Siebenr.; Schale von oben.

Tafel II.

Fig. 2. *Testudo boettgeri* Siebenr.; Schale in $^3/_4$ Profil.

Tafel III.

Fig. 3. *Testudo smithii* Blgr.; Schale in $^3/_4$ Profil.

Tafel IV.

Fig. 4. *Testudo verreauxii* Smith, adult.; Schale von oben.

Tafel V.

Fig. 5. *Testudo verreauxii* Smith, jun.; Schale in $^3/_4$ Profil.
Fig. 6. *Testudo fiskii* Blgr.; Schale in $^3/_4$ Profil.

Sämtliche Figuren sind Originalaufnahmen in natürlicher Größe. Die Negative hiezu wurden in der k. k. graphischen Lehr- und Versuchsanstalt in Wien angefertigt, wofür ich dem Direktor derselben, Herrn Hofrat Prof. Dr. J. M. Eder, sowie Herrn Prof. A. Albert den verbindlichsten Dank ausspreche.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. VI. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN

Über statocystenartige Ausbildung kristallführender Zellen

von

stud. phil. **Emil Thum.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. deutschen Universität in Prag. Nr. 65 der 2. Folge.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 23. Juni 1904.)

Durch zahlreiche neuere Publikationen ist die Aufmerksamkeit auf die Lagebeziehungen der Inhaltskörper einer Zelle zum reizbaren Plasma gelenkt worden.

Schon Dehneke[1] bespricht die Verhältnisse, wie sie bei den großen Stärkekörnern der Stärkescheide beobachtet werden. Sie liegen basal und durch geeignete Versuche überzeugte er sich, daß die Schwerkraft diese Lage bedingt. Dehneke konstatiert einfach diese Tatsache, ohne irgend welche Schlüsse daraus zu ziehen. Seine Befunde wurden später vielfach bestätigt.

Eine besondere Bedeutung erlangte jedoch diese Erscheinung dadurch, daß sie zum Ausgangspunkt einer vielbesprochenen Hypothese geworden ist. Nach wiederholten anderweitigen[2] Erklärungsversuchen über die Ursachen der

[1] Karl Dehneke, »Über nicht assimilierende Chlorophyllkörner«, Inaugural-Dissertation, 1880.

[2] Knight, Philosophical Transactions, 1806, Pl. I., p. 104; Hofmeister, Allgemeine Morphologie, 1868, p. 629; Cisielski, Cohns Beiträge zur Biologie, 1872, Bd. II, Heft 2, p. 23.

geotropischen Bewegungen glauben nun Haberlandt und Němec diese Ursache darin gefunden zu haben, daß bestimmte Inhaltskörper von verhältnismäßig hohem spezifischen Gewichte durch ihren Druck auf den protoplasmatischen Wandbeleg gewisser Zellen einen Reiz hervorrufen, auf den die einzelnen Organe der Pflanze, namentlich Stengel und Wurzeln, durch Einschlagen einer bestimmten Richtung antworten.

Diese Hypothese, die von beiden Forschern in mehreren Arbeiten[1] vertreten und deren Richtigkeit durch Experimente verschiedener Art zu erweisen gesucht wurde, verdient um so mehr weitere Beachtung, als durch deren eindeutige Beweisführung die immer enger werdende Kluft zwischen Tier und Pflanze infolge einer neuen Analogie noch kleiner würde.

Die Arbeiten beider Forscher ergänzen sich insoferne, als Haberlandt hauptsächlich den negativ geotropischen Stengel, Němec[2] die positiv geotropische Wurzel zum Gegenstande seiner Untersuchungen wählte.

Als Perzeptionsorgan des Stengels für den geotropischen Reiz faßt Haberlandt die durch den Besitz großer beweglicher Stärkekörner auffallende Stärkescheide auf. Němec wiederum erblickt in der mit beweglicher Stärke ausgestatteten Columella der Wurzel ein Organ, das in seiner Funktion vollständig analog den tierischen Statocysten der Wurzel die Fähigkeit verleihen soll, den Schwerkraftreiz zu perzipieren.

Als solche spezifisch schwerere Körperchen werden Leukoplasten, Chloroplasten mit Stärkekörnern im Innern,

[1] Haberlandt: 1. »Über die Perzeption des geotropischen Reizes«. Berichte der deutschen bot. Ges., Bd. XVIII., 1900. — 2. »Über die Statolithenfunktion der Stärkekörner«. Ebenda Bd. XX., 1902. — 3. »Zur Statolithentheorie des Geotropismus«. Pringsheims Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXXVI, 1901.

[2] Bohumil Němec: 1. »Über die Art der Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen«. Berichte der deutschen bot. Ges., Bd. XVIII, 1900. — 2. »Über die Wahrnehmung des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen«. Pringsheims Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XXXVI, 1901. — 3. »Die Perzeption des Schwerkraftreizes bei den Pflanzen«. Berichte der deutschen bot. Ges., Bd. XX, 1902.

Chloroplasten mit Kristalloiden, »anorganische Kristalle« angeführt.

Es ist auffallend, daß beide Forscher ihre Aufmerksamkeit lediglich den Lagerungsverhältnissen der Stärkekörner zuwandten. Němec[1] erwähnt nur vorübergehend eine in Nestler's[2] Arbeit: »Über die durch Wundreiz bewirkten Bewegungserscheinungen des Zellkernes und des Protoplasmas« mitgeteilte Beobachtung von Molisch, daß »die Lagerung vieler, namentlich sehr kleiner Kristalle von der Schwerkraft beeinflußt« wird.

Auf Anregung des Herrn Prof. Molisch untersuchte ich die Lagerungsverhältnisse des bei den Pflanzen so allgemein verbreiteten oxalsauren Kalkes. Möglicherweise konnten sich im Laufe der Untersuchung Befunde für oder gegen die Statolithentheorie verwerten lassen.

Die Literatur über das Vorkommen des oxalsauren Kalkes in der Pflanze ist ungemein groß. Von den einfachst gebauten Pflanzen angefangen bis herauf zu den höchstentwickelten Phanerogamen ist er fast in jeder Gruppe vorhanden; es gibt keine Gewebeart, in der er nicht schon nachgewiesen worden wäre. Aber über die Lageverhältnisse der Kristalle in unverletzten noch lebenden Zellen ist bisher noch wenig bekannt. Ja, wenn man die diesbezüglichen Abbildungen in der Literatur betrachtet, gewinnt man die Ansicht, als ob hier eine bunte Regellosigkeit herrschen würde. Es kommt dies wohl daher, daß man diesem wichtigen Inhaltskörper der pflanzlichen Zelle fast ausschließlich bei chemisch-physiologischen Untersuchungen seine Aufmerksamkeit schenkte.

Nur wenige Bemerkungen haben auf unser Thema Bezug. So eine bei Dehneke[3]: »Eine Beobachtung an Raphiden zeigt in gewisser Beziehung ein ähnliches Verhalten wie bei den stärkereichen Chlorophyllkörpern des Markes. Im Herbst findet man im Mark von *Impatiens parviflora* sehr feine Nädelchen

---

[1] Bohumil Němec, l. c. 2, p. 84.

[2] A. Nestler, p. 710. Sitzungsberichte der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem. naturw. Klasse; Bd. CVII, Abt. I. Juli 1898.

[3] K. Dehneke, l. c. p. 25.

von oxalsaurem Kalk, die nicht wie in der Rinde Bündel bilden, sondern zu wirren Haufen vereinigt sind. Diese liegen in aufrechten Stengeln am Grunde der Zelle. Beim Umlegen desselben begeben sie sich auf die Seitenwand und beim vollständigen Umkehren auf die Scheitelseite.«

Pfeffer[1] macht bei *Spirogyra setiformis* die Beobachtung, daß größere Zusammenhäufungen feinkörniger Ausscheidungen beim Umdrehen des Fadens nach der Schwere sich anordnen und von der Protoplasmaströmung unbeeinflußt bleiben.

Weitere Beobachtungen betreffs Lagerung und passive Bewegung des oxalsauren Kalkes teilt uns Wakker[2] bei zahlreichen Pflanzen mit. Wakker war es hauptsächlich um den Nachweis zu tun, daß der oxalsaure Kalk stets in den Vakuolen gebildet werde. Um dies zu zeigen, behandelte er die Präparate mit einer 10prozentigen Salpeterlösung, die durch Eosin gefärbt war. Nach dieser von de Vries angegebenen Methode können die sonst meist getrennten Vakuolen vereinigt werden. Das Plasma stirbt jedoch infolge starker Plasmolyse alsbald ab. In den so gebildeten großen Vakuolenräumen fand Wakker die Kristalle stets in typisch basaler Lagerung, was er als Hauptbeweis seiner Ansicht anführt.

Fuchs[3] berichtet über basal gelagerte Raphidenbündel bei *Mesembryanthemum crystallinum*, *Galium Mollugo*, *Asperula tinctoria* bei Anwendung starker Fixierungsflüssigkeiten.

Hiezu käme noch die oben erwähnte Beobachtung von Molisch.

Meine eigenen Beobachtungen lehren nun, daß die Lagerung des oxalsauren Kalkes im Innern einer Zelle, namentlich in der Form von Kristallsand, wohlausgebildeten größeren Kristallen und Raphiden in den meisten Fällen in der Form von vielspießigen

[1] Pfeffer, »Über Aufnahme von Anilinfarben in lebenden Zellen« in Untersuchungen aus dem bot. Institute zu Tübingen, 1886, Bd. 2, p. 189.

[2] J. H. Wakker, »Studien über die Inhaltskörper pflanzlicher Zellen«. Pringsheims Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Bd. XIX, 1888.

[3] A. Fuchs, »Über den Bau der Raphidenzellen«. Öst. bot. Zeitung, 1898, Nr. 9.

Die Grundfarbe der Rückenschale ist bei dieser Art schwer zu bestimmen, weil die Schilder strohgelbe und dunkelbraune Radien von nahezu gleicher Breite besitzen, die von den großen gelben Areolen ausstrahlen. Die medialen Enden der dunkelbraunen Radien, die oft bis zur Mitte der Areolen hineinragen, lösen sich gewöhnlich los und bilden auf diesen dunkle Flecken in verschiedenfacher Zahl und dadurch wird die grelle Färbung der großen gelben Areolen wieder etwas abgeschwächt. Die Diskoidalschilder weisen zahlreiche gelbe Radien auf; Boettger c. l. gibt beim dritten Vertebrale 10 bis 13 an. Diese Radien verlieren gegen die Peripherie der einzelnen Schilder ihre ursprüngliche lebhafte Farbe; sie wird entweder blässer oder dunkler, weshalb die Schale ein mehr fahles Aussehen bekommt. Dadurch unterscheidet sich diese Art in auffälliger Weise von *T. verreauxii* Smith, welche durch das Hinzutreten der lichtbraunen Radien eine sehr bizarre Färbung annimmt.

Plastron gelb mit braunen Radien, die von den Areolen der Schilder gegen die Mitte zu liegen, während sie an der Peripherie nur vereinzelnt auftreten oder ganz fehlen. Diese Radien rücken auf den kurzen, rückwärtigen Schildern, d. i. den Femoralia und Analia zuweilen so nahe aneinander, daß sie große, dreieckige, braune Flecken bilden. An den vorderen Schildern, und zwar an den Gularia und Humeralia, verringert sich die Zahl der braunen Radien mehr weniger.

Das kleinste von den vier Exemplaren, ♂, hielt Boettger c. l. für *T. tentoria* Bell, weil die Marginalia geschwollen sind und wegen der Form des Nuchaleinschnittes. Ein Vergleich mit den andern Schalen dieser Art beweist jedoch, daß genanntes Exemplar nach der Form und Färbung der Rückenschale nur zu *T. smithii* Blgr. gehören könne. Eine Verwechslung wäre viel eher mit *T. verreauxii* Smith möglich als mit *T. tentoria* Bell, denn der Unterschied zwischen den ersteren liegt eigentlich nur in der Färbung, während die morphologischen Merkmale der Schale, die in beiden Arten bedeutenden individuellen Variationen unterworfen sind, für die spezifische Charakteristik unbrauchbar werden. Darin mag wohl auch der Grund liegen, weshalb Gray (Cat. Sh. Rept. I, 1855 und Suppl. Cat. Sh. Rept. I, 1870) die genannten Arten nicht getrennt hatte.

Vier Schalen aus Groß-Namaland; Eigentum des Senckenberg-Museums in Frankfurt.

Testudo trimeni Blgr.

Boettger, Ber. Senck. Ges. 1889, p. 283.

Länge des Rückenschildes beim größeren Exemplar, ♂, 109 *mm*, dessen Breite 83 *mm*, Höhe der Schale? Diese Maße verhalten sich beim kleineren Exemplar, ♀, wie 94 : 70 : 49.

Rückenschale stark gewölbt, Vorder- und Hinterrand beim größeren Exemplar merklich gesägt, beim kleineren fast abgerundet. Vorderrand mit einem winkeligen Ausschnitt, in dem das sehr kleine Nuchale hervorragt. Diskoidalschilder besonders beim größeren Exemplar stark konisch erhaben; ihre Areolen sind klein und etwas vertieft. Die Marginalia bilden mit den anstoßenden Costalia einen deutlichen Winkel und die ersteren besitzen oberhalb der Seitenkante eine tiefe Längsfurche, die sich beim kleineren Exemplar fast über alle Marginalia erstreckt, beim größeren aber nur auf die seitlichen. Erstes Vertebrale länger als breit, die übrigen Vertebralia verhalten sich umgekehrt. Erstes und zweites Vertebrale bedeutend schmäler, drittes und viertes ebenso breit als die entsprechenden Costalia. Das kleinere Exemplar hat beiderseits 12 Marginalia, weil das letzte Paar in zwei Stücke geteilt ist. Damit im Zusammenhange dürfte die Verbindung des sechsten bis achten Marginale mit dem seitlichen Abdominalrande auf der rechten Seite stehen, während sie links merkwürdigerweise ganz normal vom sechsten und siebenten Marginale hergestellt wird.

Über die Form und Maßverhältnisse der Nähte des Plastrons kann wenig gesagt werden, da selbes beim größeren Exemplar gänzlich und beim kleineren der Vorderlappen fehlt. Beim letzteren ist die pektorale Mittelnaht kürzer als die anale und diese ebenso lang als die femorale. Die Analschilder berühren mit ihren hinteren, äußeren Ecken den Hinterrand der Schale. Axillaria in zwei Schildchen geteilt.

Die von Boulenger (Cat. p. 163) gegebene Beschreibung der Färbung hat schon Boettger c. l. durch Bemerkungen ergänzt. Nur möchte ich noch hinzufügen, daß die gelben

Radien der Diskoidalschilder sehr schmal sind und die seitlichen auf den Costalen eine kontinuierliche gelbe Linie bilden. Sehr charakteristisch für diese Art dürften die breiten dreieckigen Flecken auf der Unterfläche des dritten bis siebenten Marginale wegen ihrer intensiv schwarzen Färbung sein. Einen solchen Fleck besitzt auch das Supracaudale unten.

Zwei Schalen aus Groß-Namaland; Eigentum des Senckenberg-Museums in Frankfurt.

Testudo tentoria Bell.

Boulenger, Cat. p. 164.

Länge des Rückenschildes beim größten Exemplar, ♀, 117 *mm*, dessen Breite 94 *mm*, Höhe der Schale 67 *mm*. Beim kleinsten Exemplar verhalten sich diese Maße wie 61 : 56 : 36.

Rückenschale stark gewölbt, Vorder- und Hinterrand deutlich gesägt; ersterer mit einem winkeligen Ausschnitt, in welchem das kleine Nuchale hervorragt. Diskoidalschilder stark konisch erhaben, ihre Areolen sehr klein, noch kleiner als bei *T. trimeni* Blgr. Die Marginalia bilden mit den anstoßenden Costalia einen deutlichen Winkel, der beim größten Exemplar weniger stark hervortritt als bei den kleineren Schalen. Vertebralia breiter als lang; erstes und zweites Vertebrale schmäler, drittes und viertes ebenso breit als die entsprechenden Costalia beim größten Exemplar, alle vier Vertebralia schmäler als die letzteren Schilder bei den zwei kleinen Exemplaren. Elf Paare Marginalia anwesend.

Plastron vorn und hinten winkelig ausgeschnitten. Gulare Mittelnaht so lang oder kürzer als die anale, diese länger als die femorale und diese länger als die pektorale. Gularia vorn und seitlich mit scharfen Spitzen versehen; die Analschilder berühren mit ihren hinteren äußeren Ecken den Hinterrand der Schale. Axillaria in zwei Schildchen geteilt.

Die Rückenschale der zwei jungen Exemplare unterscheidet sich in der Färbung dadurch von jener des erwachsenen Tieres, daß die gelben Radien sehr schmal sind, weshalb die schwarze Farbe erheblich vorherrscht. Beim erwachsenen Exemplar gleichen sich hingegen die gelben und schwarzen

Radien in der Breite und dadurch erhält die Schale ein viel lebhafteres Aussehen als bei den jungen Tieren. Die Zahl der gelben Radien ist auch hier variabel; sie übersteigt beim größten und kleinsten Exemplar die von Boulenger c. l. für die einzelnen Schilderreihen angegebene Grenze, ist aber beim mittleren Exemplar niedriger, so daß dieses Ähnlichkeit mit der Schale von *T. trimeni* Blgr. annimmt.

Das Plastron ist genau so gefärbt wie in der Abbildung von Bell (Zool. Journ. 3, Suppl. Taf. XXIV). Die breite braune Mittelbinde beginnt bei den Gularia, welche bis auf die braunen Hinterränder gelb bleiben. Die seitlichen Marginalia haben auf der Unterfläche einen dreieckigen braunen Fleck, der mit der Wachstumszunahme der Schale zwar länger, aber schmäler wird. Auf der Oberfläche der Gularia ist ebenfalls ein dreieckiger brauner Fleck mit der Spitze nach rückwärts gewendet, der für diese Art charakteristisch sein dürfte.

Von den beiden Schalen, die Boettger c. l. p. 284 zu dieser Art gestellt hat, gehört die eine, wie schon früher erwähnt wurde, zu *T. verreauxii* Smith und die andere zu *T. smithii* Blgr. *T. tentoria* Bell ist, abgesehen von der charakteristischen Färbung der Schale, ganz leicht an den sehr konischen Diskoidalschildern mit den auffallend kleinen Areolen von den genannten Arten zu unterscheiden. Boettger hatte kein Exemplar von *T. tentoria* Bell vorliegen und daraus erklärt sich die verfehlte Bestimmung.

Drei Schalen vom Cap; Eigentum des Museums in München.

Testudo fiskii Blgr.

Boulenger, Cat. p. 165.

Länge des Rückenschildes 99 *mm.* dessen Breite 72 *mm*, Höhe der Schale 47 *mm.*

Rückenschale oval, hinten merklich breiter als vorn; Vorderrand kaum gesägt mit einem dreieckigen Ausschnitt, in dem das Nuchale stark hervorragt; Hinterrand breit und schwach gesägt. Diskoidalschilder tuberkelartig erhaben. Die Marginalia bilden mit den anstoßenden Costalia einen deutlichen Winkel.

Drusen, vielfach eine ganz gesetzmäßige ist und daß sie von der Schwerkraft bedingt ist.[1]

Die Beobachtungmethode ist ungemein einfach. Ziemlich dicke Schnitte (3 bis 4 Zellagen) werden im Mikroskope mit horizontal gestelltem Tubus und drehbarem Objekttische beobachtet. Von den zahlreichen diesbezüglichen Beobachtungen möchte ich drei typische Fälle hervorheben.

I. Sinningia Lindeni purpurea hort. (Gesneriacee). (Fig. 1, 1 *a*, 1 *b*, 1 *c*, 1 *d*.) Längs der Gefäßbündel findet man zahlreiche Raphidenbündel führende Zellen in Reihen angeordnet. Sie haben große Ähnlichkeit mit Hansteins[2] raphidenführenden Schlauchgefäßen. Die Raphidenbündel erreichen etwas über die halbe Höhe der Zelle und sind durchwegs typisch basal gelagert. Schon bei der Drehung um einen kleinen Winkel verändert das Bündel seine Lage 1 *a*, legt sich bei der Drehung um 90° auf die längere radiale Zellwand 1 *b* und bei weiterer Drehung gleitet das ganze Bündel längs dieser Wand auf die in normaler Lage oben befindliche Querwand (1 *c*). Hiebei verschieben sich die zelleinwärts gelegenen Raphiden etwas nach unten, weil diese offenbar bei der Wanderung eine geringere Reibung zu überwinden haben als die am protoplasmatischen Wandbelege hingleitenden. Sie nehmen aber unten wieder die gleiche Lage wie die übrigen an (1 *d*). Dieses Spiel kann beliebig oft wiederholt werden.

II. Begonia (Begoniacee). (Fig. 2.) Ich untersuchte mehrere Arten (*B. metallica* L., *B. rex*. Putz. u. a.). Diese Pflanzen sind bekannt durch den großen Reichtum an schönen wohlausgebildeten Kristallen von oxalsaurem Kalk. In älteren Stengeln ist häufig fast jede Zelle mit einer Doppelpyramide oder einer Druse versehen. Ich benützte hauptsächlich junge Sprosse, in welchen bei der Mehrzahl der Fälle eine bestimmte Anordnung

---

[1] Die Einschränkung in Bezug auf Drusen bezieht sich auf jene, die infolge ihres Wachstums so groß geworden sind, daß sie fast das ganze Lumen der Zelle erfüllen und mit den Spitzen in den Zellwänden gleichsam verankert sind, ferner auf die bekannten Rosanoff'schen Drusen, die durch Zellulosebalken fixiert sind.

[2] Hanstein, »Über ein System schlauchführender Gefäße etc.« Monatsberichte der Berliner Akademie, 1859, p. 705.

der kristallführenden Zellen in Längsreihen zu erkennen ist. Es gilt dies namentlich für das Rindenparenchym, in welchem sich solche Reihen oft zentimeterweit verfolgen lassen. Ganz selten kommen auch im Marke kristallführende Zellen vor. Bei der Untersuchung von Längsschnitten im Horizontalmikroskop zeigte sich durchwegs basale Lagerung. Es war sehr schön anzusehen, wie bei der Drehung des Objekttisches die Kristalle momentan auf die neue physikalisch untere Seite sich bewegten. Diese Bewegung trat schon bei sehr geringem Drehungswinkel ein.

III. Ruellia formosa Humb. & Bonpl. (Acanthacee). (Fig. 3.) Jede Zelle des Rindenparenchyms sowie jede Markzelle zeigt eine Menge Kristallsand. Nur selten konnte ich kleine Nadeln oder Pseudoktaëder bemerken. Ob bloß Kristallsand oder auch Nadeln und Pseudoktaëder vorhanden sind, hängt vielleicht unter anderem mit dem Alter der Pflanze zusammen. Der Gehalt an oxalsaurem Kalk steigt mit zunehmendem Alter. Alle diese Ausscheidungen zeigen im Horizontalmikroskop basale Lagerung, so daß die Ebenen der Kristallsandoberflächen aller Zellen parallel sind. Die einzelnen Teilchen befinden sich in lebhafter Brown'scher Molekularbewegung. Dreht man den Objekttisch, so hat man eine ähnliche Erscheinung, wie wenn man Sand in einer rotierenden Büchse beobachtet. Er wälzt sich immer auf die neue basale Wand. Die Bewegung tritt momentan ein.

Bezüglich der Raphidenzellen bemerke ich, daß eine so deutliche Beweglichkeit, wie ich sie beschrieb, seltener zur Beobachtung gelangt. Als sehr geeignetes Studienobjekt kann ich noch *Episcia tessellata* Linden. (Gesneriacee) empfehlen. Sonst nehmen ja die Raphidenbündel in der Regel fast das ganze Zellumen ein. Allein auch hier kann man sich von der typisch basalen Lagerung überzeugen, wenn man nur die Zellen in der Lage beobachtet, die sie in der Pflanze tatsächlich einnehmen.

An die Raphidenzellen reihen sich jene Kristallzellen an, in denen die Nadeln nur etwa ein Fünftel der Zellhöhe erreichen. Dies ist bei *Impatiens Balsamina* L. und *Impatiens parviflora* DC. der Fall. Hier kommen neben Raphidenzellen solche vor,

die an ihrer basalen Seite eine Unzahl feiner Nadeln besitzen, so daß die bei den Impatiensarten sonst so durchsichtigen Gewebe wie von schwarzen Punkten durchsetzt erscheinen. Solche Nadelhaufen bewegen sich beim Drehen des Objekttisches ziemlich langsam. Es dauert 5 bis 6 Minuten, bevor die neue basale Wand erreicht ist.

Abgesehen von der schon erwähnten Begonia ist die Erscheinung am wenigsten schön bei Drusen.

In ein und derselben Pflanze kommen leicht bewegliche und unbewegliche Drusen vor (*Alchemilla vulgaris* L., junge Sprosse von *Paeonia* etc.). Sehr deutlich kann man jedoch basale Lagerung und leichte Beweglichkeit bei gewissen Crassulaceen beobachten. So hat *Mesembryanthemum* drusenförmige Kristallaggregate von dieser Eigenschaft, *Bryophyllum calycinum* Salisb. hat in jeder Zelle des Rindenparenchyms und des Markes schön ausgebildete Kristallstäbchen, die bisweilen von einem Punkte ausstrahlen.

Hinsichtlich des Kristallsandes bemerke ich, daß basale Lagerung fast stets zu beobachten ist, auch in solchen Zellen, wo er in Form feinster Körnchen ausgeschieden ist (großlumige Zellen an der Unterseite der schwimmenden Blätter von *Trianea bogotensis* Karst.). Ob dies auch in den Zellen von *Vallisneria spiralis L.* der Fall ist, weiß ich nicht anzugeben, da hier die Beobachtung infolge der sehr reichlich vorhandenen Chlorophyllkörner erschwert ist und ich auf einen künstlichen Eingriff in die Zelle von vornherein verzichtete. In Zellen, wo eine kräftige Protoplasmaströmung herrscht, wird solcher feinster Kristallsand, wie schon lange bekannt, mitgeschleppt (Wurzelhaare von *Trianea bogotensis* Karst.).

Die Acanthaceen sind durch ihren Reichtum an oxalsaurem Kalk bekannt. Er findet sich in Form kurzer Nadeln, Körnchen, tafelförmigen Gebilden. Überall konnte ich basale Lagerung und leichte Beweglichkeit konstatieren. Ich führe nur folgende Beispiele an.

Strobilanthes Dyerianus hort. und *Aphelandra Porteana* Morel. haben in jeder Markzelle sehr zahlreiche kurze Nadeln.

Thunbergia scandens Pers. In jeder Markzelle Kalkoxalat in mannigfacher Form (Körnchen, Nadeln, Pseudoktaëder, Tafeln).

Sanchezia nobilis Hook. Die Kristallzellen besitzen deutliche Kerne und mehrere Stärkekörner in regelloser Anordnung.

Gendarussa vulgaris Nees. Schon in ganz jungen Sprossen ist der oxalsaure Kalk in kleinen Körnchen, die bisweilen deutliche Kristallumrisse zeigen, ausgeschieden. Reich daran sind die Zellen unmittelbar bei den Gefäßbündeln. Auch Chlorophyllkörner mit Stärkeeinschlüssen können in diesen Kristallzellen stets beobachtet werden. Spärlich ist der oxalsaure Kalk im Rindenparenchym, etwas mehr in den Markzellen. Es ist diese Pflanze zum Studium besonders geeignet.

Ein sehr günstiges Untersuchungsmaterial liefern die Labiaten. Der oxalsaure Kalk ist hier in Form kurzer Nadeln, Körnchen und tafelförmiger Gebilde ausgeschieden. (Siehe Fig. 4, *Lamium album* L.) Querschnitte, die in der Höhe ausgeführt werden, wo das Mark noch nicht geschwunden ist, zeigen in jeder Zelle des Markes eine Menge der bezeichneten Gebilde. Bei Längschnitten liegen sie sämtlich basal und die Umlagerung erfolgt momentan. Dasselbe gilt für die Ausscheidungen im Rindenparenchym. Es ist bemerkenswert, daß namentlich die Zellen oberhalb des beginnenden Schwundes der Markzellen reich an oxalsaurem Kalke sind, während die Zellen in den unteren Teilen des Stengels ärmer an deutlich auskristallisierten Formen sind.

Die Nadeln sind zuweilen zu kleinen wirren Bündeln vereinigt. So bei *Galeobdolon luteum* L., lose finden sie sich bei *Stachys recta* L., *Stachys spectabilis* Chois., *Stachys sibirica* Link., *Marrubium vulgare* L., *Leonurus villosus* Desf. u. a. Bilder wie *Lamium album* geben noch *Lamium purpureum* L., *Lamium maculatum* L., *Lamium Orvala* L., *Lamium garganicum* L. u. a.

Auch zahlreiche Kompositen besitzen oxalsauren Kalk mit den erwähnten Eigenschaften, z. B. *Aster annuus* L., *Aster amellus* L., *Aster sagittifolius* Willd., *Rudbekia leciniata* L., *Helianthus doronicoides* Lam. u. a.

Es ist also die Erscheinung eine weitverbreitete.[1]

[1] Als das Manuskript der vorliegenden Arbeit fertiggestellt war, wurde ich von Herrn Dr. O. Richter auf einen Inhaltskörper der Nitellazellen aufmerksam gemacht. Es sind dies unregelmäßige, kugelige oder ellipsoidische

Dieser Befund hat eine eigentlich selbstverständliche Sache zum Gegenstande; jeder spezifisch schwerere Körper muß schließlich auf die basale Wand einer Zelle zu liegen kommen, falls der sonstige Zellinhalt genügend dünnflüssig ist.

Es war naheliegend, dies mit der Statolithentheorie in irgend einer Weise in Verbindung zu bringen. Ich suchte zu ermitteln, ob zwischen dem Auftreten der Stärkescheide und den kristallführenden Zellen eine innige Beziehung bestünde. Allein es zeigte sich sehr bald, daß ein bestimmtes Verhältnis nicht zu ermitteln ist. In allen von mir untersuchten Pflanzen konnte ich mich von dem Vorhandensein einer typischen Stärkescheide überzeugen. Die Berechtigung der Statolithentheorie vorausgesetzt, müssen wir aber den kristallführenden Zellen von der oben beschriebenen Form eine Bedeutung zuschreiben. Ja, ich kann die Bemerkung nicht unterdrücken, daß, wenn es in der Pflanze irgend welche Zellen gibt, die auf Grund ihrer morphologischen Charaktere als Statocysten anzusprechen sind, es in allererster Linie die geschilderten Kristallzellen sind.

Zu einer solchen Statocyste gehören nach Haberlandt und Němec als wesentliche Bestandteile leicht passiv bewegliche, spezifisch schwerere Körperchen in genügender Anzahl, die in einem dünnflüssigen Plasma eingebettet sind.

Gebilde mit vielfach gefurchter Oberfläche. Ihre Größe wechselt. Die beobachtete Länge beträgt im Durchschnitt 50 μ, die Breite 40 μ. Durch Druck auf das Deckglas gelingt es bisweilen, sie zu zertrümmern. Bei der Untersuchung zeigte sich, daß sie stets die von der Schwerkraft bedingte Lage einnehmen. Sie werden gleich den Stachelkugeln von der kräftigen Protoplasmaströmung fortwährend rotiert, ohne jedoch von ihr mitgenommen zu werden. Beim Umdrehen der sehr großen Zellen fallen sie sehr rasch auf die neue physikalisch untere Seite. Diese Körperchen sind wohl identisch mit den von Overton beschriebenen »Konglomeraten von Körnern« (Overton: »Beiträge zur Histologie und Physiologie der Characeen«. Bot. Zentralblatt, Bd. XLIV, Nr. 1, p. 7). Hinsichtlich der stofflichen Natur dieser Körper bin ich zu einem endgültigen Urteil nicht gekommen. Sie konnten durch Salzsäure und Schwefelsäure nicht in Lösung gebracht werden. Bei Behandlung mit Salpetersäure tritt eine Veränderung ein, indem sie sich unter Zurücklassung einer Menge feinster Körnchen lösen. Bei langem Einwirken von Kalilauge (10%) konnte Auflösung beobachtet werden, desgleichen bei Einwirkung von Flußsäure. Ich vermute, daß Kieselsäure vorliegt.

Darunter ist der plasmatische Wandbeleg der Zelle zu verstehen.

Gerade dies trifft für unsere Kristallzellen in ganz besonderem Maße zu. Entweder ist hier die Anzahl der spezifisch schwereren Körperchen eine sehr große oder es ist ein einziger großer Körper vorhanden, der mit seinen Kanten und Ecken verschiedene Stellen des Plasmas reizen kann, wodurch streng lokale Deformationen hervorgerufen werden können. Infolge des verhältnismäßig hohen spezifischen Gewichtes müssen die Kristalle durch ihren Druck in ganz besonderer Weise geeignet sein, tangentiale Druck- und Zugspannungen, auf die es ja wesentlich ankommt, hervorzurufen. Ganz besonders müssen aber jene Zellen wirksam sein, in denen der oxalsaure Kalk in Form von Kristallsand und sehr kleinen Kristallen ausgeschieden ist. Abgesehen davon, daß die Körperchen selbst bei sehr kleinen Lageveränderungen der Pflanze ihre Lage momentan ändern, so daß beim Umdrehen eine förmliche Revolution im Innern der Zelle vor sich geht, befinden sie sich in lebhafter hüpfender Bewegung, so daß sehr viele lokal differente Stellen des Plasmas gereizt werden können.

Dazu kommt noch ein Punkt. Haberlandt und Němec erblicken in dem Umstande, daß die Wanderzeit der in Frage kommenden Stärkekörner (d. i. die Zeit, innerhalb welcher beim Umdrehen der Pflanze die Stärkekörner ganz oder doch zum größten Teile auf die neue physikalisch untere Wand der Zelle sich umlagern) geringer ist als die geotropische Präsentationszeit (d. i. die minimale Reizungsdauer, in welcher die Pflanze auf den geotropischen Reiz noch antwortet), eine besondere Stütze für die Richtigkeit ihrer Theorie. In den Kristallzellen beträgt die Wanderzeit der spezifisch schwereren Körperchen nur sehr wenige Sekunden, die Bewegung tritt fast immer momentan ein und nur ganz selten sind zur Erreichung der neuen Ruhelage mehrere Minuten (5 bis 6) erforderlich. (*Impatiens parviflora* und *I. balsamina*.)

Dieses Moment muß für die Reizauslösung als besonders günstig bezeichnet werden.

In der Anordnung dieser kristallführenden Zellen im Vergleiche zu der, wie sie den Statocysten Haberlandts und Němec' zukommt, ergeben sich deutliche Unterschiede. Die Columella der Wurzel und gewisse Formen der Stärkescheide treten förmlich organartig auf. Haberlandt hat jedoch Formen beschrieben, wo die Stärkescheide nicht mehr einen geschlossenen Hohlzylinder darstellt, sondern in Form einer »Stärkesichel« auftritt. Auch einzelne Zellen mit den geforderten Eigenschaften werden von ihm als perzeptorische Zellen bezeichnet. Allein es hat sich gezeigt, daß auch andere Zellen, die nicht zur Stärkescheide gehören, ebenfalls von der Schwerkraft beeinflußte Stärkekörner besitzen. Haberlandt[1] berichtet dies für Markzellen von *Tradescantia virginica*. Aus dem Umstande, daß Stengel dieser Pflanze nach vorsichtiger Entfernung der Stärkescheide dennoch schwach geotropisch reagierten und daß in den Markzellen spezifisch schwerere Körperchen (Stärkekörner) sich vorfanden, schließt er, daß unter gewissen Umständen eine geringe geotropische Empfindlichkeit auch den Markzellen zukommt. Schröder[2] konstatiert dieselbe Sache für *Orobanche*; typisch ist dies, wie ich mich überzeugte, bei *Peperomia* und in den Zellen älterer Internodien von *Sinningia Lindeni purpurea* hort. der Fall und dies dürfte auch sonst wohl zutreffen. Es ist kaum ein Grund vorhanden, solche Zellen nicht auch als Perzeptionszellen für den geotropischen Reiz im Sinne von Haberlandt und Němec aufzufassen.

In der Anordnung der hier in Betracht kommenden kristallführenden Zellen kann im allgemeinen von einem regelmäßigen Auftreten kaum die Rede sein. Nur selten treten sie ausschließlich als Begleiter der Gefäßbündel ähnlich der typischen Stärkescheide *(Sinningia, Episcia)* auf oder in Reihen (junge Sprosse von *Begonia*-Arten). Meist sind sie regellos verteilt oder bilden das ganze Mark- und Rindenparenchym.

[1] Haberlandt, l. c. 1, p. 270.

[2] Schröder, »Zur Statolithentheorie des Geotropismus«. Beihefte zum bot. Zentralblatt, Bd. XVI, Heft 2, p. 274, 1904.

Von Jost[1] und Pfeffer[2] ist übereinstimmend betont worden, daß ein vollkommen einwandfreier Beweis für die Richtigkeit der Statolithentheorie bisher noch nicht erbracht wurde. Es wird dies auch bei den bestehenden Verhältnissen außerordentlich schwierig sein. Wir werden uns daher vorderhand begnügen müssen, den Grad der Wahrscheinlichkeit zu mehren oder zu mindern[3]. Am meisten sprechen für die Statolithenfunktion der spezifisch schwereren Körperchen die von Haberlandt angestellten Schüttelversuche, die zeigten, daß durch rasches einseitiges Stoßen die geotropische Reaktion eher eintritt als bei ruhig in der Horizontallage gelassenen Pflanzen.

F. Darwin[4] hat diese Experimente gleichzeitig angestellt und ebenfalls mit positivem Erfolg. Es beruht dies nach der Ansicht von Haberlandt auf einer stärkeren Reizung der tangentialen Plasmahäute. Leider konnte ich die Versuche mit den oben angeführten Pflanzen nicht anstellen. Es ist aber zu erwarten, daß der Erfolg dieser wiederholten Stöße wegen der leichten Beweglichkeit der hier in Frage kommenden Statolithen ein ganz besonderer sein dürfte.

Wiesner[5] hat bezüglich der Prüfung der Statolithentheorie den Gedanken geäußert, die hieher gehörigen morpho-

[1] Jost, Biol. Zentralblatt, Bd. XX, p. 161.

[2] Pfeffer, »Pflanzenphysiologie«, p. 640 u. f.

[3] Es muß wundernehmen, daß Haberlandt in der neuesten Auflage seines Werkes »Physiologische Pflanzenanatomie« 1904 von der Statolithentheorie wie von einer erwiesenen, vollkommen sicheren Sache spricht. Selbst auf zoologischem Gebiete herrscht in Bezug auf die Statocystenfunktion der bekannten Organe noch keine Einigung. So hält z. B. Hensen, entgegen der allgemeinen Ansicht der Physiologen Deutschlands und Österreichs, daran fest, daß die halbzirkelförmigen Kanäle und die Otolithen (Statolithen) in erster Linie dem Hören dienen und erst sekundär das Tier von seinen Lageverhältnissen im Raum in Kenntnis setzen. Es ist dies von Zenneck und Parker klar bewiesen worden. (Hensen: »Über das Hören der Fische«. Vortrag, gehalten im physiologischen Vereine zu Kiel, 6. Juli 1903.) Und doch sind für die Statocystenfunktion der im Tierreich in Betracht kommenden Organe ungleich bessere Beweise erbracht worden.

[4] F. Darwin, »The Statolith-theory of Geotropism« in Proceedings of the Royal Society, vol. 71, Seite 365.

[5] J. Wiesner, »Studien über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane«, p. 36, diese Berichte, Bd. CXI, 1902.

logischen Momente am besten durch Vergleiche zu prüfen. So konnte er in den Blüten von *Clivia nobilis*, die stark geotropisch reagieren, und in denen von *Clivia miniata* keine auf Statocysten Bezug habende differente Ausbildung konstatieren. Němec[1] jedoch widerspricht dieser Angabe.

Ob hier ein Beobachtungsfehler vorliegt oder ob der verschiedene Befund auf verschiedener Ausbildung der untersuchten Individuen beruht, kann ich nicht sagen. Es gibt jedoch tatsächlich nahe verwandte Pflanzen, die sich hinsichtlich des Gehaltes an spezifisch schwereren Körpern deutlich unterscheiden. So besitzt z. B. *Helianthus doronicoides* Lam. in jeder Zelle innerhalb der Gefäßbündelzone einen großen wohlausgebildeten Kristall, außerdem Kriställchen von undeutlicher Form, während *Helianthus tuberosus* L. keinerlei kristallführende Zellen aufweist.

Auf Grund der morphologischen Eigentümlichkeiten der oben beschriebenen Kristallzellen komme ich für meine Person zu der Ansicht, daß wir es hier mit typischen Statocysten zu tun haben. Ob sie es auch in physiologischer Hinsicht sind, bedarf noch des Nachweises. Ist es doch nicht entschieden, ob die Pflanze überhaupt als Statocysten wirksame Zellen besitzt. Der Umstand, daß diese kristallführenden Zellen schon in ganz jungen Sprossen, auch an jenen Stellen, wo die geotropische Empfindlichkeit hauptsächlich lokalisiert erscheint, ja selbst unmittelbar unter dem Vegetationspunkte auftreten, wird vielleicht für die Funktion als Statocysten sprechen. Es wäre jedoch verfehlt, auf Grund einer morphologischen Analogie auf eine analoge Funktion zu schließen. Denn an den oben erwähnten Stellen findet bekanntlich ein reger Stoffwechsel statt. Es ist daher leicht verständlich, daß gerade an diesen Stellen der oxalsaure Kalk in solchen Massen auftritt. Er kann also — und dies ist die herrschende Ansicht — als Auswurfsprodukt gedeutet werden, indem die Pflanze die für sie schädliche Oxalsäure in eine für den Zellsaft gar nicht oder doch nur sehr schwer lösliche Form, den oxalsauren Kalk,

[1] B. Němec, »Einiges über den Geotropismus der Wurzeln«. Beihefte zum bot. Zentralblatt, Bd. XVII, Heft 1, p. 58 u. f.

überführt,[1] der für den Stoffwechsel keine weitere Bedeutung mehr hat. Es ist aber dabei nicht ausgeschlossen, daß dem so gebildeten oxalsauren Kalk eine biologische Funktion zukommt. Tatsächlich wollen auch Stahl[2] in ihm ein Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfraß, Penzig[3] in den großen, bestimmt orientierten Kristallen der Hesperideenblätter Durchleuchtungsprismen für die chlorophyllhaltigen Mesophyllzellen erblicken. Und so ist es ja auch möglich, daß die beweglichen Kristalle als Statolithen funktionieren. Doch darüber wissen wir bis jetzt noch nichts. Vielleicht bringt die Zukunft Tatsachen, die sich zu Gunsten dieser Vermutung verwenden lassen.

Zusammenfassung.

1. Der im Pflanzenreiche so allgemein verbreitete oxalsaure Kalk hat, wo er als Inhaltskörper der Zelle auftritt, im Gegensatze zu der bisherigen Ansicht, in den meisten Fällen eine gesetzmäßige Lagerung. Sie ist von der Schwerkraft bedingt und infolgedessen liegt er an der basalen Wand. Ausgenommen hievon sind jene Drusen, die mit ihren Spitzen in den Zellwänden förmlich verankert sind, die Rosanoff'schen Drusen, die durch Zellulosebalken fixiert sind und jene Ausscheidungen in kryptokristallinischer Form, die von dem sich bewegenden Plasma mitgenommen werden.

2. Wenn man Organe der Pflanze mit solchen kristallführenden Zellen aus ihrer normalen, vertikalen Lage bringt, so bietet sich ein überraschender Anblick. Es tritt momentan eine Wanderung dieser Inhaltskörper ein. Dreht man um einen

[1] A. F. W. Schimper, »Zur Frage der Assimilation der Mineralsalze durch die grüne Pflanze«. p. 249, Flora oder allgemeine botanische Zeitung 1890, Heft 3.

[2] Ernst Stahl, »Pflanzen und Schnecken«. Eine biologische Studie über die Schutzmittel der Pflanzen gegen Schneckenfraß. Sonderabdruck aus der Jenaischen Zeitschrift für Naturwissenschaft und Medizin, Bd. XXII, N. J. XV, p. 84 u. f.

[3] O. Penzig, »Über die Gegenwart von Beleuchtungsapparaten im Innern gewisser Pflanzen«. Atti d. Soc. d. Naturalisti. Modena 1883, ser. III, vol. 1, p. 7.

Winkel von 180°, so sind zur Erreichung der neuen Ruhelage gewöhnlich nur wenige Sekunden notwendig.

3. In morphologischer Beziehung haben diese kristallführenden Zellen mit den von Haberlandt und Němec beschriebenen Statocysten große Ähnlichkeit, denn die Lage der Kristalle ist von der Schwerkraft bedingt; durch ihre ungemein leichte Beweglichkeit und ihr verhältnismäßig hohes spezifisches Gewicht dürften diese Kristalle, die Statolithentheorie als richtig vorausgesetzt, besonders geeignet sein, das empfindliche Plasma zu reizen. Im Gegensatze zu den stärkehaltigen Statocysten ist für die Zellen mit beweglichen Kristallen eine gesetzmäßige Anordnung im Innern der Gewebe im allgemeinen nicht vorhanden.

Zum Schlusse erfülle ich eine angenehme Pflicht, wenn ich meinem hochgeschätzten Lehrer, Herrn Prof. Dr. H. Molisch, für die vielfachen Anregungen, die mir im Laufe dieser Arbeit von seiner Seite zu teil wurden, meinen aufrichtigen Dank ausspreche. Desgleichen danke ich dem Herrn Assistenten Dr. Oswald Richter für das lebhafte Interesse, das er der Sache entgegenbrachte.

Figurenerklärung.[1]

Sämtliche Figuren sind mit dem Prisma gezeichnet. In Anwendung kamen Objektiv 3 und Okular 5 von Leitz.

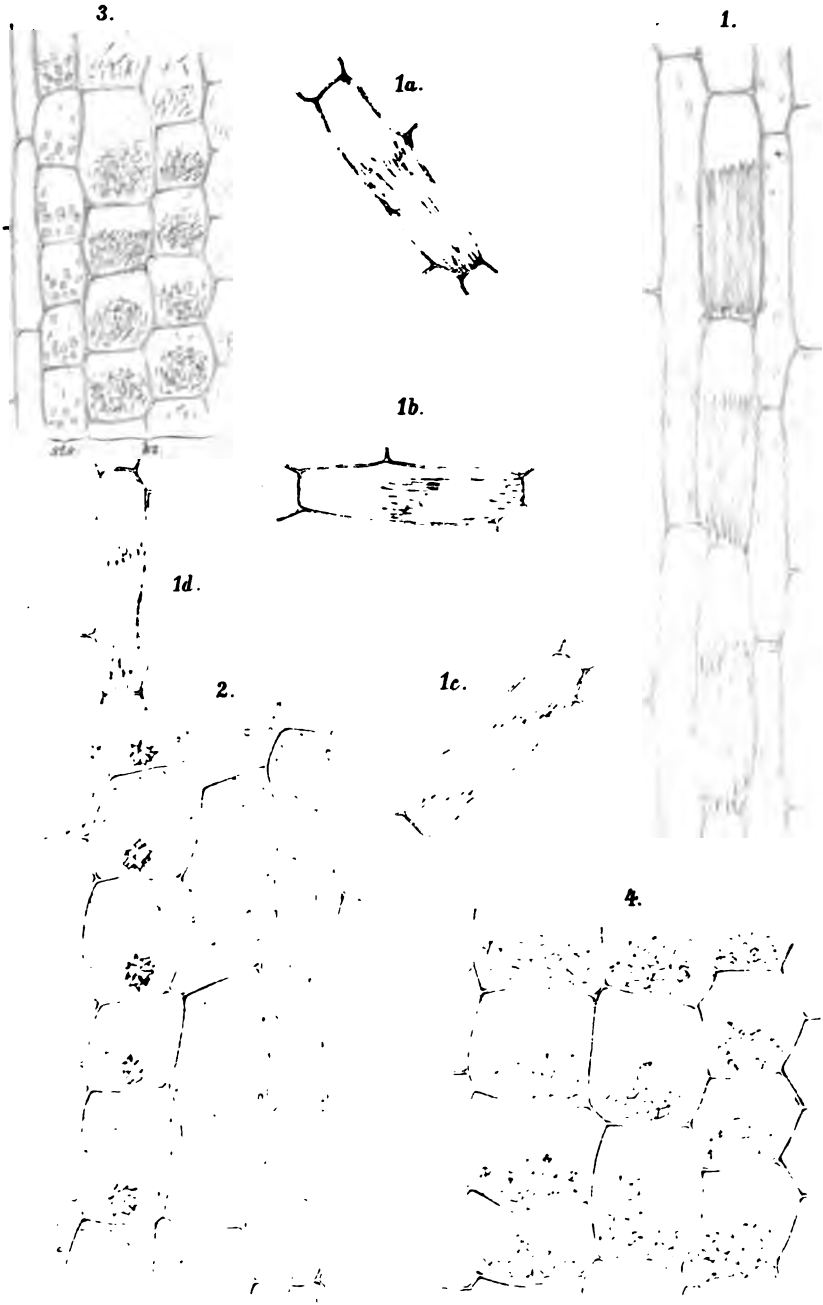
Fig. 1. Partie aus der Nähe der Gefäßbündelzone von *Sinningia Lindeni purpurea* hort. Die Raphiden zeigen typisch basale Lagerung. Die mittlere Zelle ist in 1*a*, 1*b*, 1*c*, 1*d* in den verschiedenen Stellungen (45°, 90°, 135°, 180°) gezeichnet, wie sie beim Drehen des Objekttisches erscheinen.

Fig. 2. Partie aus dem Rindenparenchym von *Begonia metallica* L. mit in Reihen angeordneten Kristallzellen.

Fig. 3. Partie aus dem Stengelgrundgewebe von *Ruellia formosa* Humb. & Bonpl. *sts* Stärkescheide, *kz* Kristallzellen.

Fig. 4. Partie aus dem Marke von *Lamium purpureum* L. Der Schnitt ist aus der Höhe, wo der Schwund des Markes noch nicht begonnen hat.

[1] Für die Herstellung der Figuren bin ich meinem Studienfreunde Herrn stud. phil. Hugo Iltis sehr zu Danke verpflichtet.



Hugo Illus del. Lith.Anst.v.Th.Bannwarth Wien.

Sitzungsberichte d.kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Classe, Bd. CXIII. Abth. I. 190

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. VII. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Zur Anatomie einiger Palmenblätter

von

Dr. **O. Bobisut,**

Assistent am botanischen Institut der k. k. Universität Graz.

(Mit 4 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juli 1904.)

I.

Die Blätter der Palmen sind vom anatomisch-physiologischen Standpunkt aus bisher noch sehr wenig untersucht worden. Auf Veranlassung Herrn Prof. Haberlandt's unternahm ich es, einige der bekanntesten Arten auf ihre anatomische Blattstruktur hin zu vergleichen und namentlich in Erwägung zu ziehen, inwiefern die anatomischen Verhältnisse des Blattes im Einklange mit den natürlichen Standortsverhältnissen stehen, eine Frage, die sich naturgemäß in erster Linie auf das Vorhandensein von Schutzeinrichtungen gegen übermäßige Transpiration zuspitzt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle Herrn Prof. Haberlandt für die vielfache Unterstützung und Anregung, die er meiner Arbeit angedeihen ließ, meinen verbindlichsten Dank zu sagen.

II.

Nipa fruticans.

Taf. I, Taf. IV, Fig. 10.

Von dieser schon durch ihre habituelle Ausbildung interessanten Palme wurden in Alkohol konservierte Fiedern untersucht, die Prof. Haberlandt auf Java gesammelt hatte. Die Fieder zeigt folgenden anatomischen Bau. Die Zellen der oberen

Epidermis sind verhältnismäßig klein, von der Oberfläche aus gesehen sind sie teils quer-, teils längsgestreckt, teils isodiametrisch und lassen eine deutliche Anordnung zu Längsreihen erkennen, im Querschnitt erscheinen sie niedrig, mit mäßig verdickten Außenwänden. Spaltöffnungen treten in der oberen Epidermis nur höchst selten und vereinzelt auf, dagegen kommen in großer Zahl eigentümliche Gebilde vor, von denen später die Rede sein wird. Auf die Epidermis folgt ein zweischichtiges Hypoderm. Die obere Schicht setzt sich aus lückenlos zusammenschließenden Zellen sklerenchymatischen Charakters zusammen, welche in der Oberflächenansicht quergestreckt und in regelmäßige Längsreihen gestellt sind; die Zellen je zweier benachbarter Längsreihen erscheinen, weil die trennenden Wände meist sehr schief gestellt sind, regelrecht spitz ineinander verkeilt. Am Querschnitte der Fieder zeigen die Zellen rechteckigen Umriß, am Längsschnitte haben sie das Aussehen querdurchschnittener großlumiger Bastzellen (Taf. IV, Fig. 10). An Länge stimmen die Sklerenchymzellen mit den Epidermiszellen überein, übertreffen sie dagegen durchschnittlich um das Dreifache an Breite und $^1/_2$- bis einmal an Höhe. Die gleichmäßige Verdickung der getüpfelten und verholzten Wände entspricht jener der Außenwand der Epidermiszellen; der Zellkern sitzt der unteren Wand auf. Die untere Schicht des Hypoderms ist als Wassergewebe ausgebildet und besteht aus Zellen, die etwas höher sind als die Sklerenchymzellen, sonst aber nahezu isodiametrische Ausbildung zeigen; die Wände sind kaum noch einmal so dick als die dünnen Wände der Palisadenzellen, getüpfelt und unverholzt; die untere Tangentialwand, welcher der Zellkern aufsitzt, springt gewöhnlich konvex gegen das Mesophyll vor. Das Palisadengewebe, welches nun folgt, ist zweischichtig. Die Zellen der oberen Palisadenschicht sind bald bedeutend länger, bald ebenso lang oder selbst kürzer als die der unteren Schicht; dieses Längenverhältnis variiert ohne besonders ersichtlichen Grund schon an ein und demselben Querschnittsbild. Das Schwammparenchym setzt sich aus vier bis sechs Zellagen zusammen. An Querschnitten durch die Fieder erscheinen die Zellen des Palisaden-, wie auch des Schwammparenchyms lückenlos aneinandergereiht; Längsschnitte dagegen ergeben

einen großen Reichtum an Interzellularen sowohl im Schwammparenchym wie in der unteren Palisadenzellage. Den Abschluß des Blattes nach unten zu bilden dieselben Gewebe wie an der Oberseite. An das Schwammparenchym schließt ein einschichtiges Wassergewebe an, welches so gebaut ist wie das obere, nur daß seine Zellen durchschnittlich etwas kleiner sind; die Zellkerne liegen der oberen Tangentialwand an. Auf das Wassergewebe folgt eine Sklerenchymschicht, welche wieder denselben Charakter hat wie die obere Sklerenchymlage, meist aber aus zwei Zellschichten sich aufbaut. Die untere Epidermis ist ganz ähnlich gebaut wie die obere, doch sind die meisten Zellen längsgestreckt. Die zahlreichen Spaltöffnungen, welche in ihr auftreten, liegen, wie dies bei den Palmen wohl die allgemeine Regel sein mag, alle mit ihrer Zentralspalte in der Längsrichtung der Fieder; auf ihren interessanten Bau wird gleich die Sprache kommen. Die angedeuteten Gebilde der oberen Epidermis sind auch hier zu beobachten. In dem grünen Mesophyll finden sich zahlreiche Gefäßbündel und kleine selbständige Bastbündel vor. Die Gefäßbündel sind von sehr verschiedener Größe, im übrigen nach dem allgemeinen Palmentypus gebaut. Im Längsverlaufe der größeren Bündel sind die Palisaden- und Schwammparenchymzellen, welche oberhalb beziehungsweise unterhalb des Gefäßbündels liegen, oft auf weite Strecken hin unter Beibehaltung ihrer Gestalt, aber mäßiger Verdickung ihrer Wände in Wassergewebszellen umgewandelt; dadurch wird sowohl der obere wie der untere Wassergewebsmantel des Blattes in kontinuierlichem Zusammenhange mit den wasserleitenden Wegen erhalten. Die isolierten Bastbündel verlaufen alle parallel der Längsrichtung der Fieder und erscheinen am Blattquerschnitt in zwei mehr oder weniger verzogene Reihen angeordnet; die eine Reihe geht durch die Grenze zwischen Palisaden- und Schwammparenchym, die andere liegt im Schwammparenchym selbst; alle Bastbündel werden von einer Deckzellenschicht umscheidet, die sich auch an den Bastbelegen der Gefäßbündel wiederfindet. Bemerkenswert ist, daß der Fiederspreite Trichombildungen gänzlich abgehen.

Aus der gegebenen Beschreibung ergibt sich, daß die Gewebedifferenzierung in der *Nipa*-Blattfieder verschiedene

Details aufweist, die im Zusammenhange stehen mit den biologischen Verhältnissen der Palme. Wir wollen hier jedoch nur zwei Objekte näher erörtern: die eigentümlich gebauten Spaltöffnungen und die angedeuteten merkwürdigen Gebilde an den beiden Epidermen.

Wie bereits erwähnt, treten Spaltöffnungen fast ausschließlich auf der Unterseite der *Nipa*-Fiedern auf und sind durchgehends so orientiert, daß ihre Zentralspalte mit der Längsrichtung der Fieder zusammenfällt. Der Spaltöffnungsapparat (Fig. 1 bis 3) besteht wie bei den meisten Palmen aus Schließ- und Nebenzellen. Die Nebenzellen umgeben die beiden Schließzellen in einem geschlossenen Kranz und sind gewöhnlich zu vier vorhanden, je eine seitlich von jeder Schließzelle, die beiden andern quer dazu; hie und da erscheint eine Spaltöffnung auch von fünf bis sechs Nebenzellen umsäumt (Fig. 3). Die Schließzellen sind mehr oder weniger tief unter das Niveau der Epidermis versenkt. Dadurch kommt eine waschbeckenförmige äußere Atemhöhle zu stande, deren Grund von den Außenwänden der Schließzellen gebildet wird, während die konvexe Seitenkontur den nach abwärts gekrümmten Außenwänden der Nebenzellen angehört. Diese Atemhöhle wird vollständig von einer gelblichweißen, körnigen, in Äther und Chloroform leicht löslichen Wachsmasse ausgefüllt, welche geradlinig abschließt, wenn die Schließzellen verhältnismäßig tief eingesenkt sind, sich hingegen schwach konvex über das Niveau der Epidermis vorwölbt, wenn die Versenkung seichter ist. Im Querschnitte zeigt die Spaltöffnung folgenden Bau (Fig. 1 und 2): Die Rückenwand wölbt sich mäßig gegen die Nebenzelle vor, ist dünn, ohne Verdickungsleisten und besteht nur aus Zellulose. Die Bauchwand ist in ihrem ganzen Verlaufe dick und sehr charakteristisch gebaut. Die Außenseite ist stark cutinisiert und erscheint in der Mitte auf eine längere Strecke hin geradlinig abgestutzt, so daß die Zentralspalte am Querschnitte der Spaltöffnung sich als ein langer Kanal darstellt. Oben springt die Cuticula als mächtiges äußeres Cuticularhörnchen vor und ebenso bildet sie unten einen spitzen inneren Cuticularzahn. Aber auch im Vorhofe sind von oben nach unten an Dicke abnehmende Cuticularleisten entwickelt, und der Hinterhof schließt an der

Übergangsstelle in die Zentralspalte ebenfalls mit einer Cuticularleiste ab; der Kontur der Bauchwandmitte ist gewöhnlich ganz glatt, seltener durchgehends mit sehr feinen Leisten versehen. Alle diese Cuticularleisten der Bauchwand, vom äußeren Cuticularhörnchen angefangen bis zum untersten Zahn, springen so weit vor, daß sie im Querschnitte fest durch eine gerade Linie verbunden werden können. Von den beiden äußeren Cuticularhörnchen der Spaltöffnung greift immer das eine über das andere vor. Ebenso sind die übrigen Zähne so gestellt, daß die der einen Schließzelle genau in die Lücken der andern hineinpassen. Nur die beiden untersten Cuticularzähne sind einander parallel gestellt und bilden einen engen, geraden oder etwas gewundenen Kanal, welcher von der inneren Atemhöhle in den kleinen Hinterhof führt. Einen nicht minder befremdenden Eindruck als die Außenseite macht auch die Innenseite der Bauchwand; hier sitzt der Mitte eine mächtige Zelluloseleiste auf, die am Querschnitte halbkreisförmig in das Lumen der Schließzelle hineinragt; diese Zelluloseleiste geht parallel mit der Zentralspalte deren ganze Länge entlang und setzt sich noch etwas darüber hinweg mit verjüngten Enden auf die den beiden Schließzellen gemeinsamen Wände fort. Im Inhalte der Schließzellen tritt reichlich feinkörnige Stärke auf. Die Nebenzellen sind noch um gut ein Drittel höher als die Schließzellen und haben ein wohl entwickeltes äußeres Hautgelenk; ein inneres Hautgelenk fehlt. Die innere Atemhöhle wird ausschließlich von dünnwandigen Schwammparenchymzellen ausgekleidet; auch dem Spaltöffnungsapparat selbst sitzen dünnwandige Zellen in einem geschlossenen einschichtigen Kranz auf (Fig. 1, *a*).

Schon das Vorkommen eines Wassergewebes deutet darauf hin, daß die *Nipa*-Blätter, trotzdem die Palme meist direkt in Wasser wurzelt, unter Umständen eines ausgiebigen Schutzes gegen zu starke Transpiration bedürfen. Wenn auch die Pflanze nicht mehr zur eigentlichen Mangrovevegetation gehört, sondern oft schon in ganz süßen Flußläufen auftritt und demnach keiner Erschwerung der Wasserzufuhr durch hohen Salzgehalt des Substrates ausgesetzt ist, so tritt doch in den Mittagsstunden die Gefahr ein, daß die große Blattfläche wegen der starken Insolation durch die tropische Sonne stärker transpiriert, als

sie von unten her mit Wasser versorgt wird. Einer solchen Gefahr wird, abgesehen von der Entwicklung des Wassergewebes, durch die charakteristische Ausbildung der Spaltöffnungen vorgebeugt. Über die Mechanik des Öffnens und Schließens des Spaltöffnungsapparates läßt sich vorderhand, da nur Alkoholmaterial untersucht werden konnte, eine ganz bestimmte Ansicht nicht äußern; so viel aber ist sicher, daß die Bauchwand der Schließzellen bei Turgoränderungen eine Krümmung nicht erfahren kann, da sie stark verdickt und außen in ihrem ganzen Verlaufe mit vorspringenden Leisten versehen ist, die infolge ihrer oben geschilderten Anordnung bei der geringsten Krümmung der Bauchwände sofort eine gegenseitige Verspreizung derselben zur Folge hätten. Klar ist dagegen ohneweiters, daß wegen der besonderen Ausbildung der Bauchwände die Transpiration bei geschlossener Spaltöffnung auf das denkbar möglichste Minimum herabsinken muß. Die Zentralspalte ist ungewöhnlich hoch und die zahlreichen Cuticularleisten, die mit ihrem Ende so weit vorragen, daß sie in ihrer Aufeinanderfolge die Bauchwand geradlinig abschließen, sind so angeordnet, daß die der einen Bauchwand genau in die Lücken zwischen jene der andern hineinpassen. Das Charakteristische der *Nipa*-Spaltöffnung ist also der verhältnismäßig lange, enge und zugleich gewundene Weg, den der aus der Atemhöhle nach außen austretende Wasserdampf zurücklegen muß. Schon um in den kleinen Hinterhof zu gelangen, muß der Wasserdampf die enge und relativ hohe Spalte[1] passieren, welche die einander parallel gestellten untersten Cuticularzähne bilden; nun muß er sich durch die hohe Zentralspalte durchzwängen, um den Vorhof zu erreichen; und der Vorhof selbst mündet nicht frei nach außen aus, sondern durch eine feine Spalte der übereinander greifenden äußeren Cuticularhörnchen. Zieht man außerdem noch in Betracht, daß die Spalt-

[1] Die an der Zentralspalte der Innenseite der Bauchwand aufgelagerte mächtige Zelluloseleiste dürfte zweifelsohne die Aufgabe haben, zu verhindern, daß bei Turgorschwankungen die Bauchwand an dieser Stelle Krümmungen erfährt; denn nur dann, wenn die Bauchwand stets gerade bleibt, ist die Gefahr einer Verspreizung ihrer Cuticularleisten und eines Offenbleibens der Spaltöffnungen bei sinkendem Turgor ausgeschlossen.

öffnungen eingesenkt sind und überdies die äußere Atemhöhle mit einem Wachspfropfen ausgefüllt ist, so kann man kaum in der Annahme fehlgehen, daß bei geschlossenen Spaltöffnungen die stomatäre Transpiration des Blattes nahezu ganz unterbrochen ist.

Interessant ist ein Vergleich der Spaltöffnungen der Blattfiedern mit denen der scheidigen Hochblätter des Fruchtstandes. Die untersuchten Scheiden stammten von Fruchtständen ab, die von Prof. Palla bei Palembang auf Sumatra gesammelt worden waren. Der anatomische Bau einer solchen Hochblattscheide ist im wesentlichen der folgende: Die obere Epidermis besteht aus längsgestreckten Zellen mit dicken Außenwänden; in ihr treten in reicher Menge den schon angedeuteten eigentümlichen Gebilden der Laubblattepidermis homologe, aber wesentlich anders ausgebildete Apparate auf. Die untere Epidermis hat minder langgestreckte Zellen, deren Außenwand papillös vorspringt und dünn oder mäßig verdickt ist; in ihr liegen zahlreiche normale Spaltöffnungen und überdies vereinzelt wieder die Gebilde der oberen Epidermis, doch in abweichender Gestalt. Auf beide Epidermen folgt ein einschichtiges Sklerenchym und einschichtiges Wassergewebe; das Sklerenchym weicht in seinem Baue nur unwesentlich von jenem des Fiederblattes ab; etwas mehr modifiziert erscheint das Wassergewebe der Oberseite, indem seine Zellen wie die Sklerenchymzellen quergestreckt sind und stellenweise Interzellularen zwischen sich aufweisen. Das Assimilationsgewebe findet sich auf der Unterseite des Hochblattes vor, da diese infolge der scheidenförmigen Ausbildung des Blattes als Außenseite allein entsprechender Beleuchtung ausgesetzt ist; es ist größtenteils sechs- bis achtschichtig, die Zellen haben nicht Palisadengestalt, sondern sind mehr oder minder isodiametrisch. Gegen die Blattmitte zu geht das Assimilationsgewebe in Schwammparenchym über, dessen an das obere Wassergewebe angrenzende Zellen in einer zwei bis vier Schichten dicken Lage wie die Wassergewebszellen stark quergestreckt erscheinen. Größere und kleinere Gefäßbündel mit dem Leptom vorgelagerten Bastrippen liegen teils im Schwammparenchym, teils im unteren Teile des Assimilationsgewebes sowie an den Grenzen beider Mesophyllteile.

Ebenso kommen zahlreiche isolierte, von Deckzellen begleitete Bastbündel vor, klein und ziemlich zerstreut im Schwammparenchym, dicht gehäuft und häufig sehr groß im Assimilationsgewebe, meist direkt an das untere Wassergewebe anstoßend.

Die Spaltöffnungen dieser Hochblätter (Fig. 9 bis 11) sind zwar wie die der Blattfiedern eingesenkt und stimmen mit ihnen auch in der Größe und Anzahl der Nebenzellen überein; aber in ihrem sonstigen Bau weichen sie wesentlich ab. Die stark in das Lumen der Nebenzelle vorgewölbte Rückenwand ist nur in ihrer Mitte dünnwandig, nach oben und nach unten nimmt die Dicke ihrer Membran konstant zu. Dasselbe Verhalten zeigt die Bauchwand; sie ist mit ihrer dünnen Mitte — die dicke Zelluloseleiste der Spaltöffnungen der Blattfiedern fehlt hier vollständig — gegen die Spalte vorgekrümmt; ihre beiden Verdickungsleisten bilden ein äußeres und ein inneres Cuticularhörnchen. Der Porus zeigt die gewöhnliche Differenzierung in Vorhof, Zentralspalte und Hinterhof; der Kontur des Porus ist glatt, nur selten erscheint der Vorhof an der Übergangsstelle in die Zentralspalte durch feine Cuticularleisten zart gezähnelt. An den Nebenzellen ist ein äußeres und ein inneres Hautgelenk entwickelt. Die Sklerenchymzellen, welche an die Nebenzellen grenzen, haben gewöhnlich bedeutend dickere, reich getüpfelte Wände (Fig. 10 und 11). Die durch die Einsenkung bedingte äußere Atemhöhle enthält keine Wachseinlagerungen.

Die Spaltöffnungen der Hochblätter sind demnach, wie sich aus der Beschreibung ergibt, nach jenem bei Phanerogamen so verbreiteten Typus gebaut, bei dem das Öffnen und Schließen durch entsprechende Krümmungen der Bauchwand ausgeführt wird. Es ist einleuchtend, daß hier ein so vollkommener Verschluß der Ausführungsgänge des Durchlüftungssystems wie bei den Blattfiedern nicht erfolgen kann. Es ist aber auch ohneweiters verständlich, daß die Pflanze auf die kompliziertere Ausbildung der Spaltöffnungen bei den Hochblättern verzichten kann. Die Infloreszenzen ragen ja nur mäßig über das Wasserniveau hervor und werden zu Mittag, der Zeit der stärksten Insolation, durch den Schatten der über ihnen

sich ausbreitenden mächtigen Fiederblätter hinreichend gegen direktes Sonnenlicht geschützt; überdies haben sie eine relativ kurze Lebensdauer und ihr eventueller Verlust durch Vertrocknung dürfte höchstens die Infloreszenz in Mitleidenschaft ziehen, keineswegs aber die ganze Pflanze.

Außer den Spaltöffnungen treten sowohl in der unteren wie in der oberen Epidermis der Laub- und Hochblätter häufig Zellgruppen auf, welche in der Oberflächenansicht und im Querschnitte vollständig Spaltöffnungen gleichen, von den typischen Spaltöffnungen der Blattunterseite aber schon durch ihre geringe, dabei jedoch annähernd konstante Größe auf den ersten Blick gänzlich abweichen. An den Blattfiedern sind die Gebilde auf beiden Oberflächen gleich gebaut, an den Hochblättern dagegen weichen die der Oberseite beträchtlich von denen der Unterseite ab und der Bau beider Arten ist wieder verschieden von dem, der den Gebilden der Blattfiedern zukommt.

An den Blattfiedern liegen die Gebilde (Fig. 4 bis 8) eingesenkt in der Epidermis und setzen sich aus zwei Schwesterzellen zusammen, deren Trennungswand in der Längsrichtung der Fieder steht. Die Sklerenchymschicht zieht sich ohne Unterbrechung unter den Gebilden fort, zeigt aber meistens, entsprechend deren Einsenkung, eine mehr minder tiefe Ausbiegung nach unten zu; das Wassergewebe erscheint häufig dadurch unterbrochen, daß eine Sklerenchymzelle bis zur ersten Schichte des unverändert bleibenden Palisadengewebes, beziehungsweise Schwammparenchyms reicht. Das Querschnittsbild des Apparates selbst ist folgendes: Die beiden Zellen sind voneinander durch eine zentrale Spalte getrennt, welche in ihrer Ausdehnung etwa der halben Länge des Apparates entspricht. Die Wände, besonders die Außenwand, sind mehr minder dick, bloß die beiden nicht gespaltenen Enden der gemeinsamen Längswand erscheinen verhältnismäßig dünn. Von einer Differenzierung der Spalte in Vorhof, Zentralspalte und Hinterhof ist nur hie und da eine schwache Andeutung vorhanden. Ebenso erweitert sich die Spalte nur ganz ausnahmsweise nach unten zu zu einer Art rudimentärer Atemhöhle (Fig. 5). Häufig ist dagegen der in Fig. 6 dargestellte Fall, daß eine unter der Spalte liegende Sklerenchymzelle mit ihrer Membran weit hinauf in den Spalt

reicht und ihn wie ein Keil verstopft. Die Außenwand sowie die Bauchwand der beiden Zellen ist stark cutinisiert; die Cutinisierung greift aber auch als schmal keilförmig auslaufende Platte über die ganze Rückenwand bis zur Sklerenchymzelle über und ebenso setzt sich die Cuticula der Bauchwände auf die den Spalt begrenzenden Wände der Sklerenchymzellen fort, so daß der ganze Hohlraum durch eine cutinisierte Membranschicht abgeschlossen erscheint (Fig. 5). Der Hohlraum, welcher einer äußeren Atemhöhle entspricht, wird wie bei den typischen Spaltöffnungen vollständig von einer scheinbar wachsartigen Masse ausgefüllt, welche bei Erwärmung schmilzt, aber in Chloroform und Äther unlöslich ist. Diese Substanz setzt sich häufig bis in den Spaltraum fort. Sie besitzt eine gelblichweiße Färbung, enthält stark lichtbrechende Körnchen und Stäbchen und wird überdies von einer Anzahl von Sprüngen und Rissen durchsetzt; mit Jod und Schwefelsäure bleibt sie ungefärbt oder nimmt höchstens eine schwach gelbliche Farbe an, Alkannatinktur verleiht ihr eine schwach rote, Cyaninlösung eine schwach blaue Färbung. Soweit es sich aus dem konservierten Material erschließen läßt, besitzen die beiden Zellen lebenden Inhalt. Stärke konnte in ihnen und, wie gleich hier bemerkt werden mag, auch im Inhalte der Apparate der Hochblätter in keinem Falle nachgewiesen werden. Umgeben wird jedes Gebilde von vier, seltener von fünf bis sieben Epidermiszellen, welche in ihrer Ausbildung den Nebenzellen der gewöhnlichen Spaltöffnungen entsprechen, aber kein Hautgelenk aufweisen.

Ähnlich, aber doch in manchen Punkten abweichend gebaut sind die Gebilde auf der Unterseite der Hochblätter (Fig. 12 und 13). Sie sind tiefer eingesenkt; die Grube jedoch, in der sie liegen, wird von keiner Verschlußmasse ausgefüllt. Die Rückenwand der beiden Zellen ist dünn und nur mäßig gekrümmt oder gerade, die Bauchwand in der Mitte unverdickt, mit äußerem und innerem Cuticularhörnchen. Die zwischen den Zellen vorhandene Spalte entspricht dem Porus einer ganz oder nahezu ganz verschlossenen Spaltöffnung mit schmalem Vor- und Hinterhof. Eine innere Atemhöhle ist deutlich entwickelt; die Membranen der sie auskleidenden Zellen sind dünn oder nur wenig verdickt. Wie bei den normalen Spaltöffnungen des

Hochblattes sind auch hier die Sklerenchymzellen der nächsten Umgebung alle oder zum Teile dickwandiger und reich getüpfelt.

Ganz anders nehmen sich die fraglichen Gebilde in der oberen Epidermis des Hochblattes aus (Fig. 14 bis 17), wo sie überaus reichlich auftreten. Sie liegen im Niveau der Epidermis, doch mit ihrem Außenkontur etwas unterhalb der Cuticularlinie der übrigen Epidermiszellen. Von oben betrachtet gleichen sie vollständig Wasserspalten mit großer runder oder elliptischer Öffnung (Fig. 16 und 17); die Rückenwände erscheinen nicht selten wellig verbogen. Nebenzellen sind ebenso häufig zu beobachten wie sie gänzlich fehlen können. Querschnittsbilder lassen folgende Details erkennen. Die Rückenwand ist relativ dünn, ohne Verdickungsleisten. Die Bauchwand erscheint meist schwach vorgewölbt; die beiden Verdickungsleisten, die von ihrer dünnen Mitte ausgehen, sind auffallend schwach, ihre Dicke ist mehrmals geringer als die Außenwand der gewöhnlichen Epidermiszellen. Die Cuticula, welche die Bauchwand abgrenzt, ist sehr dünn und springt oben und unten zu je einem winzigen Hörnchen vor. Die Spalte mündet unten in eine meist geräumige Atemhöhle aus.

Wenn auch infolge Mangels an entsprechendem Material entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen nicht möglich waren, so kann es doch keinem Zweifel unterliegen, daß alle drei Kategorien der geschilderten epidermalen Gebilde phylogenetisch sich von Spaltöffnungen ableiten.[1] Es ist wohl nicht anzunehmen, daß sie derzeit nur mehr rudimentäre funktionslose Spaltöffnungen darstellen; dagegen spricht schon ihr massenhaftes Vorkommen besonders in der oberen Epidermis. Sehr wahrscheinlich erscheint vielmehr die Annahme, daß die Gebilde Wasserspalten sind, die frühzeitig an den jungen Blättern in Aktion treten und bald, vielleicht schon lange vor Beendigung des Wachstums der Blattorgane, ihre Tätigkeit einstellen. Dann müssen naturgemäß Vorrichtungen getroffen werden, die schädlichen Wirkungen zu paralysieren, die sich aus dem Offenbleiben der Spalte, der Eingangspforte in das Blattinnere, ergeben können. An den

[1] An der oberen Hochblattepidermis wurden in einigen wenigen Fällen entsprechende Übergänge gefunden, wie einen solchen Fig. 19 darstellt.

kurzlebigen Hochblättern genügt es zu diesem Zwecke, daß der unter der Spalte gelegene Interzellularraum von lückenlos zusammenschließenden Zellen abgegrenzt wird; an der exponierteren Außenseite sind überdies die Wasserspalten eingesenkt und mit schmalem Ausführungskanal versehen, Einrichtungen, welche an der hinreichend geschützten Innenseite entbehrlich sind. Möglichst vollkommen müssen dagegen die funktionslos gewordenen Spalten an den Fiederblättern gegen das Blattinnere abgeschlossen werden. Deshalb finden wir, daß die Spalte meist direkt durch eine Sklerenchymzelle abgeschnitten wird, nur ausnahmsweise in einen kleinen Interzellularraum ausmündet; häufig verstopft die Sklerenchymzelle durch ihre Membran einen großen Teil der Spalte selbst. Rückenwand und Bauchwand sind stark cutinisiert, und von der Bauchwand aus greift die Cutinisierung auf die ganze Membranpartie der subepidermalen Zelle über, welche den Spalt unten abschließt. Der ganze Apparat selbst ist eingesenkt, und die Grube, in der er liegt, wird vollständig durch eine äußeren Einflüssen gegenüber sehr widerstandsfähige Masse verstopft.

Arenga saccharifera.[1]

Taf. II.

Die Blattfiedern der Gomutipalme erscheinen oberseits dunkelgrün, unterseits schmutzigweiß gefärbt. Die Ursache der Färbung der Unterseite bildet vom biologischen Standpunkt aus den interessantesten Teil der Ergebnisse der anatomischen Untersuchung und wird deshalb eingehender zu besprechen sein. Vorerst sei aber in Kürze der anatomische Bau der Fieder überhaupt geschildert.

Das Querschnittsbild zeigt in der Reihenfolge von oben nach unten folgende Gewebe: obere Epidermis, zweischichtiges Hypoderm, in Palisadengewebe und Schwammparenchym differenziertes grünes Mesophyll, in welchem Gefäßbündel, Raphidenschläuche und isolierte, aus ein bis wenigen Zellen zusammen-

[1] Das Untersuchungsmaterial stammte aus dem botanischen Garten in Graz.

gesetzte Bastbündel liegen, einschichtiges Hypoderm und untere Epidermis. Die Zellen der oberen Epidermis sind von oben betrachtet isodiametrisch bis mäßig gestreckt und zu geraden Längsreihen angeordnet, deren Querwände aber im Gegensatze zu *Nipa* meist sehr schief stehen. Auffallend ist die Erscheinung, daß die Zellen, welche über den Längsgrenzen der ersten Hypodermschicht lagern, durchschnittlich breiter und mehr isodiametrisch sind; dementsprechend treten zweierlei Arten von Längsreihen hervor, solche mit breiten Zellen, welche isoliert verlaufen, und Längsreihen mit schmalen Zellen, welche zu zwei bis vier nebeneinander liegen. Am Querschnitt erscheinen die Epidermiszellen so hoch oder wenig höher als breit; die Außenwand ist ziemlich dick, etwas schwächere in collenchymatischer Ausbildung auftretende Verdickung zeigen die Seitenwände und die Innenwand; die Cuticularschicht der Außenwand greift auf die Seitenwände über und geht bis zu der unverdickten Partie derselben. Spaltöffnungen treten in der oberen Epidermis nur sporadisch auf, am häufigsten am Blattrand; ebenso sind Trichome nur in spärlicher Zahl vorhanden. Das obere Hypoderm ist zweischichtig. Die an die Epidermis grenzende Zellage stimmt in Bezug auf Anordnung, Größe und Dickwandigkeit der Zellen mit dem Sklerenchym der *Nipa*-Fiedern überein, unterscheidet sich aber wesentlich dadurch, daß die Wände ganz unverholzt sind und weniger reiche Tüpfelbildung aufweisen, ferner erscheinen an Oberflächenschnitten die kurzen Längswände dünnwandiger als die breiten Querwände. Die untere etwas chlorophyllhältige Zellage, welche ausschließlich den Charakter eines Wassergewebes darbietet, zeigt an Oberflächenschnitten die gleiche Ausbildung und Gruppierung der Zellen wie die obere Schichte, nur sind die Wände bedeutend dünner; im Querschnitte wölben sich die Zellen stark gegen das Mesophyll vor. Das Palisadengewebe ist ein- bis zwei-, hie und da auch dreischichtig; stellenweise durchbricht es das Wassergewebe und grenzt unmittelbar an die obere Hypoderm-Zellage. Das Schwammparenchym ist vier bis fünf Zellagen hoch; die Abgrenzung gegen das Palisadengewebe ist nicht immer sehr scharf. Das untere Hypoderm setzt sich aus einer einzigen Zellschicht zusammen, die im

wesentlichen mit der ersten Schicht des oberen Hypoderms übereinstimmt. Die Zellen der unteren Epidermis erscheinen an Oberflächenschnitten größtenteils längsgestreckt und bedeutend länger als die der oberen Epidermis; wegen der dicken und seicht getüpfelten Radialwände ähneln sie hier Endospermzellen. Querschnitte ergeben, daß die Zellen niedriger sind als an der oberen Epidermis und daß die Innenwand im allgemeinen ebenso dick oder noch etwas dicker ist als die Außenwand. Spaltöffnungen treten in sehr großer Anzahl, auf und ebenso ist eine reichliche Trichomentwicklung vorhanden. Die größeren Gefäßbündel werden beiderseits von je einer starken Bastrippe umscheidet; die Lücke zwischen dem oberen und unteren Bastbelag füllen dickwandige, reich getüpfelte Sklerenchymzellen aus. Im Palisadengewebe liegen zerstreut große Raphidenschläuche, sie sind in der Längsrichtung der Fieder gestreckt und dementsprechend ist auch die Orientierung der Längsachse ihres Kristallbündels. Sowohl das Palisadengewebe wie das Schwammparenchym durchsetzen der Länge nach zahlreiche isolierte Bastbündel, welche bloß eine Zellage lang sind und aus einigen wenigen oder häufig überhaupt nur aus einer einzigen Zelle bestehen; die einzelne Bastzelle ist verhältnismäßig sehr kurz und durch dünne Querwände gefächert; ihr Lumen erscheint mit Ausnahme der verschmälerten Enden mehrmals breiter als die Dicke der unverholzten Längswände.

Treten wir nun der Frage näher, wodurch die weiße Färbung der Blattunterseite bedingt wird. Bei oberflächlicher Betrachtung, selbst beim Gebrauch einer guten Lupe, kann man leicht zu der Meinung gelangen, es komme hier ein dichter Wachsüberzug vor. Dies ist aber durchaus nicht der Fall, es handelt sich vielmehr um einen eigentümlich zusammengesetzten dünnen Haarfilz, der gleichmäßig die Unterseite der Blattfiedern überzieht und wegen des Luftgehaltes seiner Zellen sie weiß gefärbt erscheinen läßt. Dieser Haarfilz steht in engem Zusammenhange mit dem Transpirationsschutze und es ist deshalb nötig, zuerst den Bau des Spaltöffnungsapparates kennen zu lernen.

Die äußerst zahlreichen Spaltöffnungen liegen direkt im Niveau der Epidermis oder sind höchstens kaum merklich

eingesenkt. Nebenzellen sind nur zwei vorhanden; sie liegen seitlich an den Schließzellen und führen wie diese Chloroplaste. Das Querschnittsbild der Spaltöffnung ist folgendes (Fig. 5): Die stark gekrümmte Rückenwand der Schließzellen ist unverdickt, ebenso die Mitte der Bauchwand; ein schmaler Vor- und Hinterhof ist wohl entwickelt. Die Cutinisierung der Außenseite der Bauchwand geht in die Atemhöhle hinein bis zur Grenze zwischen Schließ- und Nebenzelle; die steil aufstrebenden äußeren Cuticularhörnchen erscheinen an der Eisodialöffnung durch vorspringende Leisten zart quergerippt, ebenso bisweilen die inneren Hörnchen an der Opisthialöffnung. Die Nebenzellen sind etwas höher als die Schließzellen, ihr Lumen zeigt wegen der stark sich vorwölbenden Rückenwand der zugehörigen Schließzelle eine herzförmige Gestalt; Hautgelenkbildung fehlt.

Wie sich aus dieser Beschreibung ergibt, gehören die Spaltöffnungen des *Arenga*-Blattes einem der gewöhnlichsten Typen einer hygrophilen Pflanze an; ihr Bau ist ein verhältnismäßig einfacher und nicht darauf eingerichtet, übermäßig gesteigerte Transpiration zu verhindern. Nun ist aber *Arenga* durchaus nicht eine Schattenpflanze, sondern ein stattlicher Baum, dessen mächtige Blätter der direkten Bestrahlung durch die Tropensonne ohne Schaden standhalten. Das wird nur dadurch ermöglicht, daß die transpirierende Unterseite von einer zusammenhängenden Haardecke überzogen wird, welche durch ihre besondere Ausbildung eine übermäßige Wasserabgabe seitens des Blattes so gut wie ausschließt. Die Haardecke liegt eng angepreßt der Oberseite an und verdankt ihre Entstehung zahlreichen Schildhaaren eigentümlichen Baues. Jedes Schildhaar setzt sich aus mehreren bis vielen Fußzellen zusammen, welche mit ihrer Basis im Niveau des inneren Konturs der Epidermis liegen, aber meist mindestens noch einmal so hoch sind als die Epidermiszellen und diese dementsprechend überragen (Fig. 3 und 4); von oben betrachtet erscheint das Fußstück als kreisförmige bis stark in die Länge verzogene elliptische Zellscheibe (Fig. 1 und 2). Die Außenzellen haben durchwegs sklerenchymatischen Charakter, die Innenzellen sind meist dünnwandig; nicht selten sind auch einzelne oder auch alle das Haar begrenzende Epidermis-

zellen sklerenchymatisch ausgebildet, und zeigt sich die gleiche Erscheinung auch an der unter dem Fußstücke des Haares gelegenen Hypodermzelle. Die Fußzellen sind am ausgewachsenen Blatt alle abgestorben; die unverdickt gebliebenen Innenzellen sind mit einem braunroten Inhalt erfüllt, die sklerenchymatisch entwickelten Membranen haben zahlreiche Tüpfel und erweisen sich als stark verholzt. Der Schild des Haares ist eine in der Mitte mehrschichtige, vielzellige, in der Längsrichtung der Fieder gestreckte Fläche, deren Randzellen oft schlauchförmig verlängert, gekrümmt und verästelt sind. Am ausgewachsenen Blatt ist es absolut nicht möglich, die Grenzen zwischen den einzelnen Schilden auseinander zu halten, da in die Ausbuchtungen des Randes eines Schildes sich die Randzellen der angrenzenden Schilde verkeilen und so ein inniger, fast lückenloser Zusammenhalt hergestellt wird. Am merkwürdigsten ist jedoch die zusammenhängende Schilddecke auf ihrer Unterseite gebaut. Hier sind zahlreiche Schläuche entwickelt, die dicht gedrängt beisammenstehen, reich gelappt sind und mit den Läppchen meist vollständig ineinander verzahnt erscheinen. Der so gebildete Filz liegt fest angepreßt der Epidermis an und schmiegt sich genau dem Kontur der Cuticula an; seine Membranen sind mehr minder verdickt und stark verholzt, während die oberen Wände der Schilddecke dünnwandig und unverholzt bleiben und stark zerknittert oder auch zum Teile gänzlich zerstört erscheinen. Leider war es aus Mangel an entsprechend jungen Blättern nicht möglich, die Entstehung der Haardecke entwicklungsgeschichtlich zu verfolgen; das, was hier über die Zusammensetzung des fertigen Gebildes gesagt ist, wurde durch eingehende Vergleichung von Querschnitts- und Oberflächenansichten erschlossen, und es muß künftigen Untersuchungen vorbehalten bleiben, ein vollständigeres Bild der Ontogenese zu liefern. Die aus den Haftläppchen gebildete Filzdecke beginnt schon am oberen Ende des Schildfußes und überzieht gleichmäßig die ganze Epidermis samt den Spaltöffnungen. Dadurch, daß die Außenwand der Oberhautzellen sich konvex vorwölbt, wird eine Verzahnung des Filzes mit der Epidermisoberfläche ermöglicht. Dies tritt besonders deutlich zutage, wenn an Querschnitten, wie es häufig geschieht,

die Filzdecke von der Oberhaut etwas abgehoben wird; die durchschnittene Filzdecke erscheint dann an ihrer Basis als Spiegelbild des Außenkonturs der Epidermis (Fig. 5). Interessant ist die Verankerung des Haarfilzes an den Spaltöffnungen selbst. Der Spaltöffnungsapparat wird gewöhnlich von vier von den übrigen Epidermiszellen etwas abweichend gebauten Zellen umgeben: zwei kurzen Polzellen und zwei gestreckten Seitenzellen. Die Polzellen haben ganz allgemein an der dem Spaltöffnungsapparate zugewandten Kante zwei Papillen entwickelt, welche schief über die Spaltöffnung neigen (Fig. 18) Solche Papillen können aber auch an allen Ecken, an denen die Polzelle mit zwei Epidermiszellen zusammenstoßt, auftreten; die Polzellen erscheinen dann, bei hoher Einstellung der Oberflächenansicht, in verschiedener Weise gelappt, an entsprechenden Querschnitten weisen sie die in Fig. 6 und 7 dargestellte Gestalt auf. Auch die Seitenzellen entwickeln häufig an der Grenze der Nebenzellen Papillen, welche über die Spaltöffnung neigen. Die Papillen sind gewöhnlich mit deutlichem Lumen versehen, können aber auch, wenn sie kleiner sind, bloße Membranvorsprünge darstellen. Durch alle diese papillösen Bildungen wird die Umgebung der Spaltöffnung rauh gemacht und bewirkt, daß der Kontakt des Haarfilzes an den wasserabgebenden Punkten ein besonders inniger ist. Hiezu gesellt sich noch als eine weitere Anpassung die Erscheinung, daß die Membranen des Haarfilzes gerade über den Spaltöffnungen viel dicker sind als über den gewöhnlichen Oberhautzellen; man kann deshalb, wenn man eine größere Partie der Schilddecke ablöst und ihre Oberflächenansicht mikroskopisch untersucht, ohneweiters die Stellen auffinden, an denen sich Spaltöffnungen befunden haben; behandelt man mit Phloroglucin und Salzsäure, so treten solche Stellen durch ihre intensivere Färbung um so auffälliger hervor. Daß die papillösen Vorwölbungen der die Spaltöffnung umgebenden Epidermiszellen in inniger Wechselbeziehung zu der biologischen Bedeutung des Haarfilzes stehen, lehren uns die Spaltöffnungen, welche des Schutzes der geschilderten Haardecke entbehren, wie auf der Hauptrippe der Fieder und auf der Blattspindel; hier fehlen die Papillen vollständig.

Die Schildhaardecke kommt nicht bloß *Arenga saccharifera* zu, sondern dürfte sich bei allen Arten der Gattung wiederfinden; beobachtet wurde sie in ganz gleicher Ausbildung wie bei *Arenga saccharifera* bei einer unbestimmten *Arenga*-Art, von welcher sich einige Fiedern unter dem von Prof. Haberlandt aus Java mitgebrachten Alkoholmaterial fanden.[1] Da die Zellen im ausgewachsenen Zustand insgesamt abgestorben sind und Luft enthalten, so verleihen sie der Fiederunterseite eine eigentümliche grauweiße Farbe. Bemerkenswert ist die Erscheinung, daß die Fieder auch nach wochenlangem Verweilen in Wasser ihre weiße Färbung nicht verliert; die Membran der Zellen muß also für flüssiges Wasser sehr schwer permeabel sein.

Auf der unterseits vorspringenden Mittelrippe der Fiedern ist der Haarfilz ebenfalls entwickelt, aber viel lockerer gebaut. Die Zellen der Oberseite der Schildhaare sind dickwandig und stark gebräunt, so daß die Rippe durch sie schwärzlich gefärbt erscheint; auf älteren Blättern schilfert sich diese dickwandige, dunkelgefärbte Partie der Schildhaare leicht ab und es bleibt dann nur mehr der dünne, vielfach unterbrochene Filz der Unterseite übrig. Auch auf der Spindel des Blattes finden sich derartige Schildhaare zahlreich vor (Fig. 8). Ebenso treten sie zerstreut auf der Fiederoberseite auf, besitzen aber hier nur einen einfachen gebräunten Schild; nur am Rande der Fiederoberseite, wo auch Spaltöffnungen in großer Zahl auftreten, ist ein rudimentärer Filzüberzug zu beobachten.

Anhangsweise mögen hier einige Beobachtungen angeführt werden, welche an den Spaltöffnungen der Mittelrippe und der Blattspindel gemacht worden sind. Neben normal ausgebildeten Spaltöffnungen, denen nur die Papillenbildung der Umgebungszellen abgeht (Fig. 9 und 10), kommen solche vor, die auf verschiedener Stufe der Entwicklung stehen geblieben sind (Fig. 11 bis 17). Auf jüngeren Blättern, deren Fiedern noch nicht aus-

[1] Im anatomischen Bau ihrer Fiedern stimmt diese *Arenga* sp. prinzipiell mit *Arenga saccharifera* überein; das obere Hypoderm ist aber nur einschichtig, seinem Baue nach im wesentlichen mit der ersten Schichte der *Arenga saccharifera* übereinstimmend, und das Schwammparenchym setzt sich größtenteils aus drei Zellagen zusammen, weshalb die Fieder bedeutend dünner ist als bei *Arenga saccharifera*; Raphidenschläuche wurden nicht beobachtet.

gebreitet sind, zeigen solche Spaltöffnungen keine Besonderheiten in ihrer Ausbildung, da sie um diese Zeit hinreichend durch die noch dicht beisammenstehenden einfachen Schildhaare geschützt werden. Ihre Größe ist sehr verschieden (Fig. 11, 12, 13, 16) und ebenso schwankend sind andere Ausbildungsverhältnisse: Die Schließzellen können schwach eingesenkt sein oder gänzlich im Niveau der Oberhautzellen liegen, Nebenzellen sind vorhanden oder fehlen u. s. w. An ausgewachsenen Blättern sind die infolge des Abbrechens der Haarschilde nunmehr unbedeckten Spaltöffnungen wesentlich verändert. Die Bauchwände sind fest zusammengepreßt, so daß die früher meist deutlich in Vor- und Hinterhof geschiedene Spalte ganz verschlossen ist, und gleichzeitig mehr oder weniger stark verdickt; an den kleinen Spaltöffnungen, welche die häufigsten sind, geht die Verdickung oft so weit, daß das Lumen nur mehr spaltenförmig erscheint. Meist noch früher, bevor die Verdickung der Bauchwände begonnen hat, fangen auch einzelne oder auch alle die Epidermiszellen, welche die Spaltöffnung umgrenzen, an, ihre Membranen zu verdicken und werden schließlich zu Sklerenchymzellen (Fig. 12, 14, 15, 17). So werden die Spaltöffnungen, die sonst wegen ihrer Funktionsunfähigkeit gefährliche Eingangspforten in das Organinnere darstellen würden, in äußerst zweckmäßiger Weise unschädlich gemacht.

Ceroxylon andicola.[1]

Taf. III.

In Drude's Bearbeitung der Palmen in den »Natürlichen Pflanzenfamilien« findet sich in dem Bestimmungsschlüssel für die Iriarteen-Gattungen bezüglich *Ceroxylon* und *Juania* die Stelle: »Blattfiedern... unterseits von Wachsüberzug weiß.« Dies ist nicht zutreffend; die weiße Färbung beruht vielmehr auf derselben Ursache wie bei *Arenga saccharifera* und dient auch bei der Wachspalme derselben Funktion, dem Transspirationsschutze. Die Fiedern von *Ceroxylon* sind dadurch

[1] Das Untersuchungsmaterial stammte aus dem botanischen Garten in Graz.

ausgezeichnet, daß sie auf ihrer Unterseite zahlreiche durchgehende Längsfurchen besitzen, welche ausschließlich unter den Gefäßbündeln liegen. Äußerlich sind diese Längsfurchen nicht wahrnehmbar, fallen aber um so mehr bei mikroskopischer Betrachtung eines Querschnittes auf, der schon bei Lupenbesichtigung auf seiner Unterseite fein gekerbt erscheint. Die Fiederspreite weist in den Hauptzügen folgenden anatomischen Bau auf (Fig. 4). Die Zellen der oberen Epidermis entsprechen in ihrer Ausbildung so ziemlich denen von *Nipa fruticans*, nur zeigen die Längswände der Oberflächenansicht Wellung. Unter der Epidermis befindet sich eine teils ein-, teils zwei-, hie und da auch mehrschichtige Bastlage. Die parallel der Längsrichtung der Spreite orientierten Bastzellen sind ziemlich lang und besitzen nur ein punktförmiges Lumen mit Ausnahme der Mitte, wo der Durchmesser des Lumens dem der Wanddicke gleichkommt, sofort aber nach den beiden Enden hin sehr rasch abfällt; die Wand besteht aus reiner Zellulose. Die Bastzellage wird sowohl an ihrer Grenze gegen die Epidermis wie in ihrem Zusammenhange vielfach von Längszügen zweierlei Zellen unterbrochen; besonders häufig und oft auf bedeutende Strecken hin konstant ist diese Unterbrechung an den Seitenwänden der Epidermiszellen. Die Zellenzüge verlaufen meist isoliert voneinander, bestehen also auf Querschnitten nur aus einer Zelle; seltener liegen sie zu zwei bis drei nebeneinander und nur ausnahmsweise übereinander. An Querschnitten erscheinen die Zellen annähernd gleich groß und können deshalb an Glyzerinpräparaten leicht miteinander verwechselt werden; an Längs- und Oberflächenschnitten erkennt man dagegen sofort, daß sie zwei verschiedenen Kategorien angehören. Die einen sind Deckzellen, die andern stellen gestreckte Parenchymzellen dar, die, wenn sie zu zwei oder drei nebeneinander liegen, an den gemeinsamen Längswänden eigentümliche knötchenförmige Verdickungen aufweisen. Die Züge der beiderlei Zellen sind nicht räumlich voneinander getrennt, sondern wechseln in der Längsrichtung miteinander ab. Das Palisadengewebe ist zweischichtig. Das Schwammparenchym setzt sich meist aus vier Zellagen zusammen, da die Palisadenzellen, namentlich die der unteren Schicht, in der

Breite wie auch in der Größe überhaupt stark wechseln, so ist die Grenze zwischen den beiden Geweben an Querschnitten oft gar nicht ausgeprägt, tritt dagegen gewöhnlich scharf hervor an Längsschnitten, wo die Schwammparenchymzellen isodiametrisch oder quergestreckt erscheinen und an den Kanten durch größere Interzellularräume voneinander getrennt sind. In der Grenze der beiden Palisadenschichten treten vereinzelt isolierte Bastzellen auf, meist eine, seltener zu zweien, von demselben Charakter wie die der subepidermalen Bastlage; an der untersten Schwammparenchymschicht sind hie und da einzelne Zellen sklerenchymatisch ausgebildet. An das Schwammparenchym schließt eine untere subepidermale Bastlage an, die aber ebenso viele Unterbrechungen aufweist, als Furchen vorhanden sind; sie entspricht ihrem Baue nach genau dem oberen Bast, wird aber von bedeutend weniger Zügen von Deck- und Parenchymzellen begleitet. Die Zellen der unteren Oberhaut sind bedeutend niedriger und schmäler, aber viel länger als die der oberen Epidermis; die Außenwand springt konvex vor.

Den interessantesten Teil der Anatomie der *Ceroxylon*-Fieder repräsentieren die am Querschnitt als Gruben erscheinenden Längsfurchen unterhalb der Gefäßbündel; in den Furchen allein treten Spaltöffnungen und Schildhaare auf, außerhalb der Furchen besteht die Epidermis nur aus einheitlich gebauten gewöhnlichen Oberhautzellen. Der Grund der Furche ist so weit gegen das Gefäßbündel vorgerückt, daß zwischen seiner Epidermis und dem ein- bis zweischichtigen Bastbeleg des Leptoms eine einzige Schicht von bald dünn-, bald dickwandigen Zellen liegt; die Tiefe der Furchen variiert im übrigen nicht unbeträchtlich; unter den kleinsten Gefäßbündeln sind die Furchen nicht selten ganz seicht. Auf den beiden Böschungen der Furche liegen in je einer Längsreihe die Spaltöffnungen. Der Spaltöffnungsapparat entspricht mit einigen Modifikationen dem von *Arenga saccharifera*. Die Schließzellen haben annähernd dieselbe Größe und Ausbildung wie bei der genannten Palme, nur sind die äußeren Cuticularhörnchen nicht so steil aufgerichtet (Fig. 1). Umgeben werden die Schließzellen von zwei Neben- und zwei Polzellen, welche sich alle mäßig über die Schließzellen vorwölben und so eine seichte äußere Atem-

höhle bilden. Die Nebenzellen enthalten keine Chloroplaste; ihre Außenwand besitzt an der Schließzellengrenze eine stärkere Zelluloseauflagerung, welche ziemlich weit auch auf die Rückenwand der Schließzelle übergreift. Am Grunde der Furche finden sich, zu einer einzigen Längsreihe angeordnet, in größeren Abständen hintereinander die Insertionsstellen gestielter Schildhaare. Der Stiel ist in der Richtung der Furche häufig etwas schief geneigt und ragt über die Furche hinaus; er stellt einen aus Sklerenchymzellen zusammengesetzten Gewebekörper dar (Fig. 2). Der Schild ist eine im zentralen Teile mehrschichtige, längsgestreckte Zellfläche (Fig. 3), welche die Furche überdeckt und seitlich von ihr auf den nicht eingesenkten Teil der Unterseite übergreift. Wie bei *Arenga saccharifera* ist es auch hier nicht möglich, an der ausgewachsenen Fieder die Grenzen der einzelnen Schilde wahrzunehmen, da die Schildfläche eines bestimmten Haares mit ihrem Rande sowohl an die Schilde der beiden nächsten Haare derselben Furche wie auch seitlich an die der zwei Nachbarfurchen anstößt und die sich berührenden Ränder mit ihren schlauchförmig ausgewachsenen Enden miteinander verfilzt sind; auch auf der Unterseite der Schilddecke, namentlich in der Furche, wachsen die Zellen zu Schläuchen aus, welche sich hin und her krümmen und verfilzen. So entsteht eine zusammenhängende Schutzdecke über der Epidermis, die allerdings in ihrer Ausbildung nicht so weit vorgeschritten erscheint wie bei *Arenga saccharifera* und der namentlich die Haftlappenbildung und die damit im Zusammenhange stehende festere Anheftung an die Epidermis abgeht; immerhin erscheint sie vollständig ausreichend, das Überschreiten eines für das Blatt gerade noch zulässigen Transpirationsmaximums zu verhindern, zumal da den Spaltöffnungen schon durch ihre Versenkung in eine Furche ein gewisser Schutz geboten ist. Die Zellen der Schilddecke sind am entwickelten Blatt alle abgestorben und lufthaltig; die deshalb weiß erscheinende Fiederseite behält ganz wie bei *Arenga saccharifera* auch bei längerem Liegen im Wasser ihre Färbung. Die Zellwände des Schildes sind mit Ausnahme des Mittelstückes dünnwandig (Fig. 3) und ebenso wie die Wandungen der Stielzellen verholzt.

Cocos nucifera.[1]

Taf. III, Fig. 5; Taf. IV, Fig. 1 und 2.

Daß die Blätter der Kokospalme darauf eingerichtet sind, plötzlich gesteigerter übermäßiger Transpiration zu begegnen, ist bereits von Haberlandt beobachtet worden, welcher sich über die Anatomie der Blattfieder folgendermaßen äußert:[2] »Der anatomische Bau der Fiederblattspreiten weist auf ausgiebigen Transpirationsschutz hin. Die Epidermis besitzt sehr stark verdickte Außenwände und einen krustenförmigen Wachsüberzug. Darunter befindet sich oberseits ein zweischichtiges Wassergewebe, dessen untere Zellage papillös in das Palisadengewebe hineinragt. Das Assimilationsparenchym ist bis auf die unterste Schicht, die aus isodiametrischen Zellen besteht, als Palisadengewebe entwickelt. Das mechanische System besteht aus I-Trägern, deren obere Gurtungen von isolierten Baststrängen gebildet werden, während die unteren Gurtungen aus den Bastbelegen der Gefäßbündel bestehen. Die Spaltöffnungen, unterseits auftretend, sind sehr zahlreich und etwas eingesenkt; die Ausgänge des Vor- und Hinterhofes sind enge.«

Diesen Ausführungen Haberlandt's sei an anatomischen Details noch hinzugefügt, daß im Assimilationsgewebe, etwas unterhalb seiner Mitte, zerstreut große Raphidenschläuche auftreten und den größeren Gefäßbündeln eine meist zweischichtige Sklerenchymschiene aufsitzt, welche den Leptombastbeleg von dem einschichtigen Wassergewebe der Unterseite trennt (Fig. 2). Besonders aber möge die Aufmerksamkeit auf die eigentümlichen Schildhaare gelenkt werden, welche zerstreut auf der ganzen unteren Epidermis vorkommen. Diese Trichome sind (Fig. 1), bis auf die kurze Schildfläche, vollständig in einer tiefen Grube eingesenkt und zeigen folgenden interessanten Bau: Das Fußstück ist zwei- bis vierzellig. Die keulenförmigen Fußzellen ragen weit über das Niveau der benachbarten Epidermiszellen vor bis an den Rand der Grube, die sie vollständig ausfüllen.

[1] Das Untersuchungsmaterial bestand aus Blattfiedern, welche von Prof. Haberlandt in Buitenzorg auf Java gesammelt wurden.

[2] »Anatomisch-physiologische Untersuchungen über das tropische Laubblatt.« Diese Sitzungsber., Bd. CI, 1892, p. 806.

Die Membran ist unten, an den mit der Epidermis und Wassergewebszellen grenzenden Teilen, verhältnismäßig dünnwandig, sonst durchwegs bedeutend dicker ausgebildet; an der Schildgrenze ist eine besonders starke Verdickung in Form einer geschichteten Kappe entwickelt, welche bei Behandlung mit Eau de Javelle gänzlich verschwindet und wahrscheinlich eine Schleimmodifikation der Zellulose darstellt; die das Zellumen begrenzende Membranschicht nimmt bei Zusatz von Phloroglucin und Salzsäure eine schwach rötliche Färbung an. Der Inhalt der Fußzellen besteht aus dichtem, körnigem Plasma mit großem Zellkerne. Die nur tote Zellen führende Schildfläche (Taf. III, Fig. 5) hat einen kreisförmigen bis elliptischen Umriß und setzt sich zusammen aus einem derbwandigeren, größtenteils zweischichtigen Mittelstücke, dessen Zellen einen braunroten Inhalt enthalten, und aus einem zartwandigen farblosen Flügel; der einschichtige Rand des Flügels ist gelappt und erscheint an älteren Fiedern vielfach zerstört. Das Wassergewebe läuft unter dem Fuße des Schildhaares durch und fällt wie die darauffolgende nächste Schicht des Assimilationsgewebes, besonders an Längsschnitten, durch die Kleinheit seiner Zellen auf. Die Wachskruste der Epidermis zieht sich in die Grube hinunter bis an die Insertionsstelle des Haares. Über die Funktion dieser Trichome experimentell Näheres zu erfahren, war leider in Ermangelung eines lebenden Objektes nicht möglich. Da aber das Fußstück noch an alten Blättern aus lebenden, mit dichtem, körnigem Plasma erfüllten Zellen besteht, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Schildhaare Hydathoden darstellen; gegen die Annahme, daß sie wasseraufsaugende Organe sind, für welche sich eine gewisse Ähnlichkeit mit den Schuppenhaaren der Bromeliaceen anführen ließe, spricht die Erwägung, daß sie, wie es scheint, ausschließlich auf die Fiederunterseite beschränkt sind.

Chamaerops humilis.[1]

Taf. IV, Fig. 3 bis 6.

Die zwei einzigen Arten der Gattung *Chamaerops*, *Ch. humilis* und *macrocarpa*, sind im westlichen Mediterrangebiet ein-

[1] Das Untersuchungsmaterial stammte aus dem botanischen Garten in Graz.

heimisch.[1] Ihre Heimat gehört also jenen warmtemperierten Gebieten an, in denen die heiße Sommerszeit regenlos, der kühlere Winter dagegen regenreich ist und in denen solchen klimatischen Bedingungen entsprechend die Holzgewächse dem immergrünen xerophilen Typus angehören.[2] Es war demnach von vornherein anzunehmen, daß auch *Chamaerops humilis* ausgesprochen xerophilen Blattbau aufweisen werde und diese Annahme wurde durch die Untersuchung bestätigt. Die Fächerspreite ist ihrer anatomischen Ausbildung nach fast isolateral (Fig. 3). Beide Epidermen sind gleich gebaut und führen zahlreiche Spaltöffnungen. Die Epidermiszellen erscheinen in der Oberflächenansicht längsgestreckt, mit schwach gewellten Längswänden, im Querschnitte sind sie mehr minder quadratisch und derbwandig; die stärker verdickte Außenwand, welcher sich eine Wachskruste auflagert, ist bis auf eine schmale Innenpartie ganz cutinisiert und die Cutinisierung greift auch tief hinab auf die Seitenwände über. Auf die obere wie auf die untere Epidermis folgt einschichtiges Wassergewebe, dessen Zellen in der Gestalt und in der Wanddicke mit den Epidermiszellen ziemlich übereinstimmen; die der Epidermis und dem Wassergewebe gemeinsamen Wände nehmen bei Zusatz von Salzsäure eine intensiv gelbe Färbung an, ohne jedoch verholzt zu sein. Das grüne Mesophyll, das sich aus neun und mehr Zellagen zusammensetzt, läßt keine Differenzierung in typisches Palisadengewebe und Schwammparenchym erkennen, sondern bildet ein einheitliches Assimilationsgewebe, das durch den festen Zusammenschluß seiner Zellen auffällt; halbwegs größere Durchlüftungsräume sind nur unter den Spaltöffnungen entwickelt, sonst finden sich, allerdings reichlich und ein zusammenhängendes Netzwerk bildend, nur feine Interzellularkanäle vor. An Längsschnitten erscheint dieses Assimilationsgewebe aus regelmäßigen Querreihen von größtenteils breiten Palisadenzellen zusammengesetzt, an Querschnitten zeigen meist nur die drei obersten, zum Teil auch die untersten Zellagen Palisadenausbildung, während der Mittelteil aus mehr

[1] O. Drude, Palmen in den »Natürl. Pflanzenfamilien«, p. 32.

[2] A. F. W. Schimper, Pflanzengeographie, 1898, p. 538.

oder weniger isodiametrischen Zellen besteht. Die Chloroplaste wurden zu allen Zeiten stärkefrei befunden. Mechanischen Zwecken dienen isolierte subepidermale Bastbündel auf beiden Blattseiten; die der Oberseite sind zahlreicher und größer und grenzen an das Wassergewebe, während die minder zahlreichen Bündel der Blattunterseite kleiner sind und meist, das Wassergewebe unterbrechend, direkt der Epidermis anliegen. Außerdem werden die größeren Gefäßbündel beiderseits von Bastsicheln umgeben, die häufig durch Ausfüllung der beiden Mittellücken mit Sklerenchymzellen zu einem mechanischen Hohlzylinder zusammenschließen; die Zellen solcher Bastsicheln sind verholzt, während die der subepidermalen Bündel keine Verholzung zeigen. Die zahlreichen kleinen Gefäßbündel werden von großzelligen farblosen Parenchymscheiden abgeschlossen, deren Wände sich durch großen Tüpfelreichtum auszeichnen.

Der Bau der Epidermis, das Vorkommen eines Wachsüberzuges auf beiden Blattseiten und der Mangel eines Schwammparenchyms lassen bereits zur Genüge auf die Existenzbedingungen unserer Palme schließen. Vervollständigt wird die Charakterisierung der Palme als einer »sklerophyllen« Pflanze durch die Ausbildung der Spaltöffnungen. Der Spaltöffnungsapparat ist etwas eingesenkt und die so geschaffene äußere Atemhöhle wird noch durch die Wachskruste vertieft, welche als etwas erhöhter Ringwulst über der Spaltöffnung abbricht. In der Querschnittsansicht fallen die Schließzellen sofort durch die Verdickungsweise ihrer Wände auf (Fig. 4). Die stark konvexe Rückenwand ist nur an der unteren Ansatzstelle an die Nebenzelle unverdickt; die gleich darauf ansetzende Verdickungsleiste nimmt rasch an Mächtigkeit zu und setzt sich auf die Bauchwand fort, um in der Mitte dieser plötzlich abzubrechen; die nahezu gerade abgestutzte untere Hälfte der Bauchwand ist unverdickt. Die obere Hälfte der Schließzelle besteht demnach aus solider Membran, das eiförmige Lumen liegt in der unteren Hälfte an der Bauchwand. Die Zentralspalte ist etwas über der Mitte der Bauchwand gelegen und hört gerade da auf, wo das Lumen beginnt. Vor- und Hinterhof sind prägnant entwickelt. Die Abgrenzung des Hinterhofes

gegen die Atemhöhle zu findet aber nicht durch die Bauchwände der Schließzellen statt, sondern durch die herzförmigen Nebenzellen, welche mit ihrem unteren Lappen stark vorspringen und überdies knapp vor ihrem Anschluß an die Bauchwand ein Cuticularhörnchen aufweisen. Die Membran der Nebenzellen besitzt die Derbwandigkeit der gewöhnlichen Epidermis beziehungsweise der Wassergewebszellen; die schmale Außenwand fungiert in ihrer Gänze als Hautgelenk. Die Membran der Schließzellen ist bis auf eine schmale, innere, das Lumen umgrenzende Partie gänzlich cutinisiert. Diesen Bau weist die Spaltöffnung in ihrem zentralen, von der Zentralspalte durchsetzten Teil auf. Ganz anders gebaut erscheinen die beiden Polenden der Schließzellen, über die Oberflächenansichten einen klaren Aufschluß erteilen (Fig. 6). Die Zentralspalte ist nur etwa ein Fünftel so lang als die Schließzellen, also ausnehmend kurz. Etwas oberhalb der Ansatzstelle der den Schließzellen gemeinsamen dünnen Längswand beginnt das Lumen rasch sich zu erweitern und in gewisser Entfernung vor dem Ansetzen der Rückenwand an die Epidermiszelle hört die Verdickungsleiste auf. Die Rückenwand ist also an ihren beiden Flanken dünnwandig und sie ist hier auch nicht cutinisiert. Längsschnitte durch die Schließzelle ergeben, daß sie an ihren beiden Polen nach unten zu sich erweitert und das Lumen infolgedessen hantelförmig erscheint (Fig. 5). Bemerkenswert ist, daß auch die cutinisierte Außenwand der Polenden relativ dünnwandig ist. Die Schließzellen enthalten in ihren erweiterten Enden kleine Chloroplaste, die sich stets als stärkefrei erwiesen; auch die Nebenzellen sind etwas chlorophyllhältig.

Aus der gegebenen Beschreibung läßt sich ersehen, daß die Spaltöffnungen von *Chamaerops humilis* ihrem Mechanismus nach dem Gramineentypus angehören. Ihr xerophiler Baucharakter gibt sich aber dadurch kund, daß ihre Zentralspalte so auffallend klein ist und der durch die Nebenzellen abgeschlossene Hinterhof an seinem Ausgang in die Atemhöhle sich stark verengt; die Atemhöhle selbst weist kaum größere Dimensionen auf als der Hinterhof, und die Assimilationszellen, welche die Atemhöhle abschließen, lassen nur wenige

halbwegs größere Interzellularräume zwischen sich frei. Das Merkwürdigste in dem ganzen Baue der Spaltöffnung ist die Lage der Zentralspalte, die gerade über dem Niveau der Schließzellenlumina beginnt und demnach seitlich ausschließlich von dicken cutinisierten Membranen umgeben wird; diese Verschiebung der Zentralspalte nach oben zu dürfte in erster Linie den Schließzellen selbst zugute kommen, da auf diese Weise ihre Lumina, wie sich ohneweiters ergibt, einen viel besseren Transpirationsschutz erhalten, als wenn die Zentralspalte von dem in der Höhe der Lumina gelegenen Bauchwandteil gebildet würde.

Trichome kommen auf der ganzen Blattunterseite zerstreut über den größeren durchscheinenden Nerven vor, ebenso auch, aber in geringerer Menge, auf der Oberseite. Sie stellen Schuppenhaare dar, deren zartwandige Schildfläche an älteren Blättern gänzlich abgestoßen ist; ihrer Funktion nach dürften sie Schutzorgane sein, die an sehr jungen Blättern dicht beisammenstehen und namentlich die in Entwicklung begriffenen Spaltöffnungen beschützen.

Elaeis guineensis.[1]

Taf. IV, Fig. 7 bis 9.

Die Gattung *Elaeis* enthält nur zwei Arten: *E. guineensis* und *melacocca*. Von der letzteren sagt B. Seemann in seinem Buche »Die Palmen«: »Man findet sie stets an sumpfigen Schattenstellen, nie auf trockenem Boden oder an sonnigen Orten.« Der anatomische Bau der Blattfieder von *Elaeis guineensis* weist darauf hin, daß auch diese Art unter ähnlichen Existenzbedingungen vorkommen muß. Die sich etwas vorwölbenden, mäßig verdickten Außenwände der beiden Epidermen haben nur eine relativ dünne, cutinisierte Außenpartie, von der aus die Cutinisierung auch auf die Mittelpartie der Seitenwände übergreift; ein Wachsüberzug ist nicht vorhanden. Das obere Hypoderm ist zweischichtig und seiner Funktion

[1] Das Untersuchungsmaterial wurde von Prof. Haberlandt zu Buitenzorg auf Java gesammelt.

nach Wassergewebe mit reichem Schleiminhalte der Zellen; seine erste Lage ist lückenlos und ganz ähnlich wie bei *Arenga saccharifera* gebaut, die zweite wird vielfach von dem zweischichtigen Palisadengewebe unterbrochen und besteht aus Zellen, die papillös gegen das Mesophyll vorspringen und über den größeren Gefäßbündeln, hier derbwandiger ausgebildet, so weit gestreckt erscheinen, daß sie von dem Bastbelege des Hadroms nur durch die niedrigen Zellen einer das Bündel umschließenden chlorophyllhaltigen Scheide getrennt sind (Fig. 7). Der Bau des unteren Hypoderms entspricht dem des oberen, nur ist es etwas kleinzelliger und die zweite Schicht wird so häufig vom Schwammparenchym durchbrochen, daß sie ganz rudimentär ausgebildet erscheint. Das mehrschichtige Schwammparenchym besteht aus einer Zellage dicken, durch Lufträume gesonderten Lamellen, die quer zur Längsrichtung der Fieder stehen; da in den einzelnen Lamellen die Zellen bloß kleine, meist an den Ecken auftretende Interzellularen zwischen sich aufweisen, tritt an Querschnitten der Schwammparenchymcharakter des Gewebes gar nicht hervor, während Längs- und Oberflächenschnitte klaren Aufschluß über die reiche Entwicklung der Durchlüftungsräume erteilen. Mechanischen Schutz gewähren der Fiederspreite isolierte Bündel aus bis auf ein punktförmiges Lumen verdickten Bastzellen; diese Bastbündel erscheinen am Querschnitt in zwei Reihen angeordnet; die eine, aus großen zahlreichen Bündeln zusammengesetzt, liegt im Schwammparenchym, die andere, aus schwachen vereinzelten Bündeln gebildet, durchsetzt das Palisadengewebe. Bastbelege finden sich überdies am Hadrom und Leptom aller größeren Gefäßbündel vor. Im Palisadengewebe wie im Schwammparenchym treten zerstreut Raphidenschläuche auf, deren aus dicken Nadeln geformtes Kristallbündel von einer mächtigen Schleimmasse umschlossen wird.

Zeigen schon die mäßige Cutinisierung der Epidermisaußenwände und das gut ausgebildete Durchlüftungssystem an, daß die Ölpalme an ihren natürlichen Standorten höchstens solchen Transpirationsmaximis ausgesetzt ist, denen noch immer durch volle Inanspruchnahme des Wassergewebes begegnet werden kann, so findet diese Schlußfolgerung in dem

Bau der Spaltöffnungen nur eine weitere Stütze. Die Spaltöffnungen, welche dichtgedrängt auf der Unterseite auftreten, gehören ganz dem gewöhnlichen hygrophilen Typus an. Sie sind nicht eingesenkt, die Rückenwand ist dünn, die Bauchwand mit zwei Verdickungsleisten versehen; Vor- und Hinterhof sind typisch, beide mit Cuticularhörnchen abschließend, zwei kleine Cuticularleisten treten auch am Grunde des Vorhofes über der Zentralspalte auf. Den beiden Nebenzellen kommt ein schön entwickeltes äußeres Hautgelenk zu.

Wie bei *Cocos* sind auch bei *Elaeis* in Gruben eingesenkte Trichome vorhanden, die zweifelsohne Hydathoden darstellen. Sie kommen in ziemlicher Anzahl zerstreut sowohl auf der Ober- wie auf der Unterseite der Fiedern vor. Die Trichome der Unterseite sind wie folgt gebaut: Das Haar setzt sich aus einer meist etwas über die Grube vorragenden Keule zusammen, welche oben in ein, seltener zwei der Epidermis anliegende Anhängsel übergeht. Den Fuß des Haares bildet eine einzige Zelle, welche zur Hälfte in der Epidermis, zur Hälfte in der Keule steckt und an der Übergangsstelle der Keule in die Epidermis eine ringförmige, dickwandige Einschnürung (Fig. 9) zeigt; die basale Wand der Fußzelle ist dünnwandig und getüpfelt. Über der Fußzelle wird die Keule mehrzellig. Die Innenwände der Keulenzellen sind verhältnismäßig dünn, aber mit Verdickungsfasern versehen, die zum Teile netzförmig sich verbinden; der Inhalt besteht aus dichtem, körnigem Plasma mit Zellkern. Das Anhängsel der Keule ist gewöhnlich in Form eines wenigzelligen Zellfadens entwickelt (Fig. 8); die Zellen sind dickwandig und abgestorben, und häufig kann man beobachten, daß das Ende des Anhängsels desorganisiert ist, und eine oder mehrere Zellen abgestoßen worden sind. Die Trichome der Oberseite stimmen prinzipiell mit denen der Unterseite überein, unterscheiden sich aber von ihnen in mehreren Punkten. Die Keule ist schmächtiger und niedriger als die Grube; Anhängsel fehlen. Die Zellen sind abgestorben; die trennenden Wände sind stärker verdickt, besonders an den hier häufig in der Zweizahl vorkommenden Fußzellen. Es ist wohl sehr wahrscheinlich, daß die Keulenhaare der Oberseite primäre Hydathoden sind, welche an den noch jugendlichen

Blättern funktionieren und nach deren Auswachsen ihre Tätigkeit einstellen, während die Keulenhaare der Unterseite später in Aktion treten und auch an alten Blättern noch ihre Funktionsfähigkeit beibehalten.

III.

Fassen wir die Ergebnisse unserer Untersuchung zusammen, so finden wir, daß in jedem einzelnen Falle die anatomischen Struktureigentümlichkeiten der Blattfiedern in enger Beziehung zu dem natürlichen Standorte der betreffenden Palme stehen, also vollständige Anpassung an die herrschenden klimatischen Verhältnisse besteht. Es ist von vornherein zu erwarten, daß die Anpassung am deutlichsten gegenüber jenen Faktoren zutage treten muß, welche, wenn wir von der Lichtwirkung abstrahieren, in Wechselbeziehung miteinander die Ausbildung eines Assimilationsorgans am augenfälligsten beherrschen: Luftfeuchtigkeit und Wärme. *Elaeis guineensis* ist eine Schattenpalme des feuchten Tropenklimas, und dementsprechend zeigt der anatomische Bau der Blattfieder hygrophilen Charakter; die zahlreichen Trichomhydathoden weisen gleichzeitig darauf hin, daß die Transpiration wegen allzu hohen Feuchtigkeitsgehaltes der Luft häufig auf ein Minimum herabgedrückt wird und deshalb das Wasser in flüssiger Form ausgeschieden werden muß. *Chamaerops humilis* ist die Bewohnerin eines Gebietes, in welchem monatelang trockene Hitze herrscht und im Einklange damit ist die Fächerspreite durchaus xerophil gebaut. *Arenga saccharifera*, *Ceroxylon andicola*, *Cocos nucifera* und *Nipa fruticans* heimaten zwar in immer feuchten tropischen Gebieten, aber ihre Blattflächen sind der direkten Insolation ausgesetzt und weisen deshalb in ihrem Bau Einrichtungen auf, die daraufhin abzielen, ein Überschreiten des zulässigen Transpirationsmaximums möglichst hintanzuhalten. Die Wege, die hiebei eingeschlagen werden, sind je nach den Gattungen verschieden. Bei *Cocos nucifera* ist es in erster Linie die Epidermis selbst, welcher die Schutzrolle gegen übermäßige Transpiration zufällt; ihre Außenwände sind stark verdickt und cutinisiert und eine zusammenhängende Wachskruste überzieht die Cuticula. *Nipa fruticans* besitzt

in den Spaltöffnungen Organe, welche durch ihren so eigentümlichen Bau ausgiebigen Transpirationsschutz gewähren. *Arenga saccharifera* und *Ceroxylon andicola* endlich genießen durch den gleichmäßigen Haarüberzug der Fiederunterseite einen so vortrefflichen Schutz gegen die Überschreitung der zulässigen Transpirationsgröße, daß ihre Spaltöffnungen hygrophilen Charakter bewahren können; bei *Ceroxylon*, wo die Spaltöffnungen in unter den Gefäßbündeln hinziehenden Längsfurchen eingesenkt und so die Hauptwege der Transpiration schon eingeengt und einigermaßen geschützt sind, genügt eine einfachere Ausbildung der Haardecke, bei *Arenga*, deren zahllose Spaltöffnungen über die ganze Unterseite der Fieder zerstreut sind, zeigt der Haarüberzug eine bedeutend kompliziertere Zusammensetzung. Auffallend ist es, daß bei den speziellen Anpassungen an erhöhten Transpirationsschutz das Wassergewebe so gut wie keine Rolle spielt. Das Wassergewebe von *Cocos nucifera* ist nicht viel mächtiger entwickelt als das von *Elaeis guineensis*; und *Chamaerops humilis* besitzt gar nur ein einschichtiges kleinzelliges Wassergewebe. Diese Erscheinung spricht wohl dafür, daß die anderweitigen Schutzmittel gegen übermäßige Transpiration so vortrefflich funktionieren, daß das Wassergewebe in der Ausbildung, in welcher es sich schon an hygrophilen Palmenblättern vorfindet, nicht abgeändert zu werden braucht, um seiner Aufgabe als lokaler Wasserspeicher zu genügen.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Nipa fruticans.

Fig. 1. Spaltöffnung der Blattfieder im Querschnitte.
Fig. 2. Eine Schließzelle bei stärkerer Vergrößerung.
Fig. 3. Spaltöffnung der Blattfieder in Oberflächenansicht.
Fig. 4 bis 6. Hydathoden der Blattfieder im Querschnitte.
Fig. 7 und 8. Hydathoden der Blattfieder in Oberflächenansicht; in Fig. 8 mit Einzeichnung der Verstopfungsmasse.
Fig. 9 und 10. Spaltöffnungen des Fruchtstand-Hochblattes im Querschnitte.
Fig. 11. Spaltöffnung des Hochblattes in Oberflächenansicht.
Fig. 12. Hydathode der Unterseite des Hochblattes im Querschnitte.
Fig. 13. Hydathode der Hochblatt-Unterseite in Oberflächenansicht.
Fig. 14 und 15. Hydathoden der Hochblatt-Oberseite im Querschnitte.
Fig. 16* bis 18. Hydathoden der Hochblatt-Oberseite in Oberflächenansicht.
Fig. 19. Abweichend gebaute Hydathode der Hochblatt-Oberseite.

Tafel II.

Arenga saccharifera.

Fig. 1. Fußstück eines Schildhaares der Fiederunterseite im Querschnitte mit angrenzenden Epidermiszellen.
Fig. 2. Fußstück eines Schildhaares der Mittelrippe; die angrenzenden Epidermiszellen teilweise sklerotisiert.
Fig. 3 und 4. Fußstücke eines Schildhaares der Fiederunterseite am Blattquitt.
Fig. 5. Fiederunterseite im Querschnitte mit durch den Schnitt abgehobener Filzdecke.
Fig. 6 und 7. Polzellen am Blattquerschnitte.
Fig. 8. Schildhaar der Blattspindel in Oberflächenansicht.
Fig. 9. Normale Spaltöffnung der Blattspindel in Oberflächenansicht.
Fig. 10. Normale Spaltöffnung der Blattspindel im Querschnitte.
Fig. 11 und 12. Rudimentäre Spaltöffnungen der Mittelrippe im Querschnitte.
Fig. 13 bis 17. Rudimentäre Spaltöffnungen der Blattspindel in Oberflächenansicht; Fig. 13 und 16 von einem jungen, Fig. 14, 15 und 17 von einem alten Blatte.
Fig. 18. Spaltöffnung der Blattunterseite in Oberflächenansicht.

Tafel III.

Ceroxylon andicola (Fig. 1 bis 4); *Cocos nucifera* (Fig. 5).

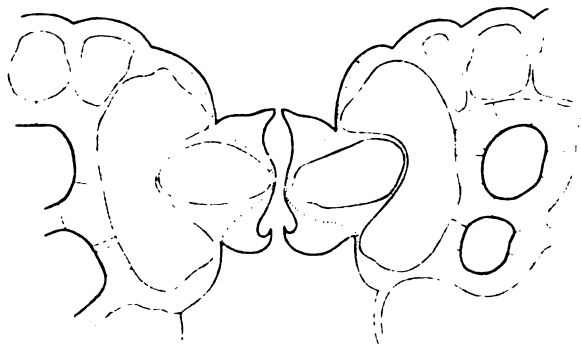
Fig. 1 und 2. Fiederunterseite im Querschnitt; in Fig. 1 Grube mit Spaltöffnungen, in Fig. 2 Grube mit Schildhaar.
Fig. 3. Teil eines Schildhaares von der Fiederunterseite, von oben betrachtet.
Fig. 4. Fiederquerschnitt.
Fig. 5. Schildfläche eines Haares von *Cocos nucifera* in Oberflächenansicht.

Tafel IV.

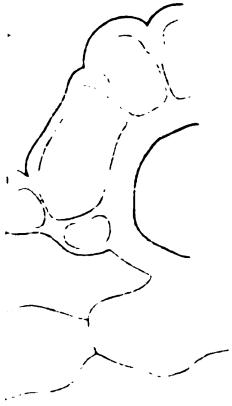
Cocos nucifera (Fig. 1 und 2); *Chamaerops humilis* (Fig. 3 bis 6); *Elaeis guineensis* (Fig. 7 bis 9); *Nipa fruticans* (Fig. 10).

Fig. 1. Keulenhaar am Fiederlängsschnitte.
Fig. 2. Teil eines Blattquerschnittes mit der Sklerenchymauflagerung der Leptombastsichel.
Fig. 3. Blattquerschnitt.
Fig. 4. Spaltöffnung im Querschnitte.
Fig. 5. Spaltöffnung im Längsschnitte.
Fig. 6. Spaltöffnung in Oberflächenansicht.
Fig. 7. Teil eines Blattquerschnittes.
Fig. 8. Keulenhaar der Fiederunterseite, von oben gesehen.
Fig. 9. Keulenhaar der Fiederunterseite am Blattquerschnitte.
Fig. 10. Teil eines Blattlängsschnittes mit der oberen Sklerenchymlage.

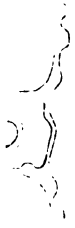
10.



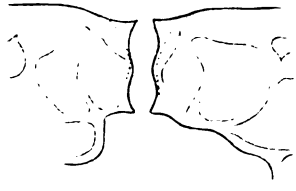
11.



8.



19.



Lith. Anst v. Th. Bannwarth Wien.

Digitized by Google

Über das Vorkommen von Palladium und Platin in Brasilien

von

Eugen Hussak,

Staatsgeologe in São Paulo, Brasilien

(Mit 2 Tafeln und 6 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 21. April 1904.)

Vorwort.

Ein Jahrhundert ist verflossen seit der Entdeckung des erstgenannten Edelmetalls, des Palladiums, durch Wollaston[1] und die Nachrichten über das Vorkommen desselben sind sehr spärliche, obwohl das Palladiumgold in Brasilien durchaus nicht selten ist. Noch weniger ist über das Vorkommen des Platins in Brasilien bekannt und wurde erst im verflossenen Jahre der schon 1812 von Mawe[2] genau angegebene Fundort »Corrego das Lagens« wieder erforscht.

Auch die Angaben J. F. Kemps[3] in seiner vorzüglichen monographischen Arbeit über das Vorkommen der Metalle der Platingruppe auf der Erde sind in Bezug auf Brasilien so karge

---

[1] Cf. Hintzes Handbuch d. Mineralogie, I. Bd., p. 132.

[2] Travels in the interior of Brazil, London, 1812, p. 209.

[3] Bullet. Geolog. Survey Un. States, Nr. 193. Kemp erwähnt z. B., daß v. Eschwege in seinem »Pluto Brasiliensis« keine Angaben über das Vorkommen des Platins in Brasilien gäbe, obwohl daselbst ein eigenes Kapitel, p. 457, darüber handelt und auch in dessen »Gebirgskunde Brasiliens« Angaben sich finden. Auch die Hartt zugeschriebene Mitteilung über das Platinvorkommen in Pernambuco (Boa-Esperanca) stammt von Williamson.

und zum Teil unrichtige, daß eine ausführlichere, auf eingehendes Literaturstudium und eigene Beobachtungen im Felde basierte Mitteilung notwendig erschien.

Dank dem gütigen Entgegenkommen seitens der Herren Direktoren des R. British Museum, des k. bayer. Staatsmuseums und des k. k. naturhist. Hofmuseums in Wien ward es mir ermöglicht, nicht nur die vorhandene Literatur zu studieren, sondern auch Proben aus alten Sammlungen zu erhalten und erlaube ich mir an dieser Stelle den Herren: Direktor L. Fletcher und Dr. G. T. Prior in London, Herren Prof. F. Berwerth und Dr. R. Koechlin in Wien, Herren Prof. P. Groth und Prof. F. Grünling in München und Herrn Prof. C. Hintze in Breslau meinen besten Dank auszusprechen.

I. Palladium.

Literatur.

1. 1801. Jose Vieira do Couto: **Memoria** sobre as minas da Capitania Minas Geraes. Publiziert 1842 durch das Instituto Historico e Geographico de Rio de Janeiro. Typ. Lämmert.
2. 1803. R. Chenivix: Enquiris concerning the nature of a new metallic substance, lately sold in London, as a new metall under the title of Palladium. Philos. Transact. London, 1803, *93*, 209.
3. 1804. W. H. Wollaston: On a new metall found in crude platina. Philos. Transact. London, 1804, *94*. 419.
4. 1805. W. H. Wollaston: On the discovery of Palladium, with observations on other substances, found with platina. Philos. Transact. London, 1805, *95*, 316.
5. 1806. L. W. Gilbert: Einiges zur Geschichte des Palladiums, aus Briefen und Aufsätzen der Herren Chenivix und Wollaston. Gilberts Ann. d. Physik, 1806, *24*, 220.
6. 1809. W. H. Wollaston: On platina and native palladium from Brazil. Philos. Transact., London, 1809, *99*, 189.
7. 1809. W. Cloud: An account of experiments made one palladium, found in combination with pure gold. (from Brazil) Transact. Americ. Philos. Soc. 1809, *6*. 407.

---

[1] Ein vorzügliches bibliographisches Werk über die Metalle der Platingruppe besitzen wir von J. L. Howe in den Smithsonian Miscell. Collect., 1897, Nr. 1084, publiziert. Aber auch hier ist weder v. Eschwege noch Henwood genannt, geschweige der Brasilianer J. V. Couto u. a.

8. 1811. A. F. Gehlen: Platinum und Palladium in Brasilien. Schweiggers Journ. f. Chemie, 1811, *1*. 362.
9. 1825. A. v. Humboldt: Vorkommen des Platins und Palladiums in Brasilien. Schweiggers Journ. f. Chemie, *45*, 1825, 45 und Poggend. Ann., 1826, *7*, 519.
10. 1835. J. J. Berzelius: Analyse des »Ouro podre« (faules Gold) von Südamerika. Berzelius Jahresber. und d. Fortschr. d. phys. Wissenschaft. *15*, 1836, 205.
11. 1837. P. N. Johnson and W. A. Lampadius: Über brasilianisches Palladgold und dessen Ausbringung und Scheidung. Journ. f. prakt. Chemie, *11*, 1837, 309.
12. 1842. G. Rose: Über die Dimorphie des Palladiums. Poggend. Ann. d. Phys. *55*, 1842, 329.
13. 1843. J. L. Lassaigne: Extraction du Palladium au Brésil. Journ. chim. med., *2*, *9*, 1843, 614.
14. 1847. V. v. Helmreichen: Reisebericht, in Haidingers Berichten und Mitt. v. Freund. v. Naturwiss. Wien, 1847, 1, 2, H., 142 bis 146.
15. 1869. R. F. Burton: The Highlands of Brasil. London, 1869, Vol. *1*, 302.
16. 1870. Ch. Fr. Hartt: Geology and Phys. Geogr. of Brasil. London, 1870, 542 und 545.
17. 1871. W. J. Henwood: Observat. on metallifr. deposits. 2 Vol. Pensanze, 1871, V, *1*, 175, 215, 286, 337 bis 340.
18. 1882. W. H. Seamon: Analysis of native Palladiumgold from Taquaryl near Sabara, province of Minas Geraes. Brasil. Chim. News. *46*, 1882, 216.
19. 1902. J. F. Kemp: The geological relations of and distribution of Platinum and associated minerals. Bull. U. St. Geolog. Surv. N. 193, *61*, Washington 1902.

Das Palladium kommt in der Natur bekanntlich entweder als gediegenes Metall oder als Palladiumgold, mit Gold in unbeständigem Verhältnisse legiert, vor.

Das Vorkommen des letzteren war schon lange vor der Entdeckung des Metalls den brasilianischen Bergleuten aufgefallen und zum Teil als »Prata« (Silber), als »Ouro podre« (faules Gold) oder als »Ouro branco« (weißes Gold) bezeichnet worden.

So gibt schon J. V. Couto 1798 in seinen »Memorias« für das gediegene Platin eine Reihe von Fundorten in Brasilien an, von denen ein Teil direkt auf das Vorkommen des Palladiumgoldes paßt; das helle, oft silberweiße PdAu wurde von ihm für Platin gehalten.

So erwähnt er auch einer Goldbarre, die zirka 1780 in das Schmelzhaus von Sabara einging und sich als sehr schwer schmelzbar erwies und beim Aufschlagen des Stempels der Münze in zahlreiche Stücke zersprang, auch von silberweißer Farbe war, zirka 30 bis 40 Oit. (105 bis 140*g*) wog und von einem Manne aus der Umgegend von St. Anna dos Ferros, nahe Itabira do Dentro, Minas, abgeliefert wurde. Dieser Ort liegt wie Itabira im gleichen Streichen (N—S) im Itabiritgebiete, das sich von Candonga bis gegen Ouropreto nach Süden hinzieht, und welches Gestein (Itabirit, Eisenglimmerschiefer) als Palladiumgold führend erwiesen ist.

Ebenso gibt auch J. Cloud (1809) Nachricht von einer Goldbarre aus Brasilien (Gewicht 820 Ounc.), die an die nordamerikanische Münze (1807) kam, aus 120 kleinen gemünzten Barren bestand, mit dem Vermerk »Rio dos Mortes« (bei S. Joao del Rey), unter welchen sich zwei kleinere, durch ihre außergewöhnlich helle Farbe auszeichnende Barren fanden, die J. Cloud als Palladiumgold erkannte.

Hiedurch wird das Vorkommen des Palladiumgoldes auch in dem so südlich gelegenen Teile des Staates Minas festgestellt.

Das Palladium ist bisher nur entweder als gediegen Palladium und als solches sehr selten oder als Palladiumgold, speziell im brasilianischen Staate Minas Geraes gefunden worden.

a) Gediegen Palladium.

Das Vorkommen von gediegen Palladium aus brasilianischen Goldseifen wurde zuerst durch Wollaston bekannt, indem er einige Körner neben gediegen Platin in einem goldführenden Sande, den er durch den portugiesischen Gesandten Souza Coutinho erhielt, nachwies.

Wollaston fand neben den Platinkörnchen, die sich auch durch eine ganz eigentümliche Struktur auszeichnen, zwei Körner von gleicher Farbe und Glanz wie das Platin, jedoch von Königswasser viel leichter angegriffen wurden und auch eine divergent-faserige Struktur zeigten; neben Pd konnte auch etwas Pt und Ir nachgewiesen werden.

Aus der Beschreibung Wollastons der eigentümlich gestalteten Platinkörner, mit welchen das gediegen Pd vergesellschaftet ist, erscheint es mir als höchst wahrscheinlich, daß diese Probe vom Correго das Lagens bei Conceicao do Serro herstammte, da nur dort das eigentümlich gestaltete gediegen Platin, wie später gezeigt werden wird, gefunden wird.

Leider gelang es mir nicht, neuerdings in den platinführenden Sanden dieser Lokalität das gediegen Palladium wiederaufzufinden, wo neben Gold, Palladiumgold, auch zweierlei Arten gediegen Platins vorkommen und eines genau mit dem von Wollaston beschriebenen übereinstimmt.

Alle darin gefundenen Körner von silberweißer Farbe und zum Teil auch mit ausgezeichneter radialfaseriger Struktur erwiesen sich als gediegen Platin.

Wohl aber fand ich unregelmäßige, zackige, ganz und gar nicht abgerollte Körner von gediegen Palladium von dunkelgrauer Farbe bis stahlgrau, neben selten vorfindlichem Platin und Palladiumgold in den Waschrückständen der goldreichen Jacutinga (false Zacotinga) des Itabirits von Itabira de Matto Dentro.

Es ist erkenntlich an der leichteren Angreifbarkeit durch Königswasser, respektive schon durch Salpetersäure und durch die mikroskopischen Reaktionen mit Chlorkalium, Chlorammonium und Jodkalium in der Palladiumchloridlösung.

An drei Körnern dieses gediegen Palladiums war keine radialfaserige Struktur erkennbar; sie waren, wie die mit vorkommenden seltenen Platinkörner, von massiger Struktur.

Leider gelang es mir nur wenige solcher Palladiumkörner aus 175 *g* Palladiumgold mittels der Lupe auslösen zu können und werden erst spätere chemische Untersuchungen feststellen können, ob diese Körner von Pd wohl goldfrei sind.

Das Vorkommen des gediegen Palladiums ist demnach nicht allein aus platin- und goldführenden Seifenlagern der Serra do Espinhaco (d. Wollaston), sondern auch aus den Itabiriten desselben Staates, zusammen mit Palladiumgold, nachgewiesen.

b) Palladiumgold.

Die ersten Mitteilungen über das Vorkommen eines eigentümlichen, silberähnlichen Goldes rühren schon vom Jahre 1700 her, der Zeit der ersten Goldfunde in Minas-Geraes.

Ein Brief, geschrieben 1700 in São Paulo (der damaligen Capitania São Vincente), der kürzlich durch O. A. Derby zur Publikation gelangte (in Revista do Instituto Histor e Geograph. de Sao Paulo, 1900, Vol. 5, pag. 286), gibt Nachrichten über die ersten Entdeckungen des Goldes im Distrikte von Sabara, Minas,durch Borba Gato und finden sich darin Angaben über ein silberähnliches Metall, das mit Gold vereint in den Seifenlagern gefunden wurde und als »Prata« (Silber) bezeichnet wird.

Diese Angaben beziehen sich sehr wahrscheinlich auf das damals noch unbekannte Palladiumgold, das in der dortigen, an Itabiriten reichen Region auch angetroffen wird.

Auch befindet sich in der schon 1700 von den alten Portugiesen auf Gold durchsuchten Gegend, nahe dem heutigen Orte Raposos, bei Sabara, ein Bach »Corrego da prata«, der diesen Namen bis heute beibehielt.

Gediegen Silber oder Silbererze (abgesehen vom silberhältigen Bleiglanz) wurden bis heute noch nicht in Brasilien nachgewiesen.

Wie aus der kurzen ersten Publikation Wollastons (1805) hervorgeht, wurde das Metall Pd zuerst in Waschrückständen brasilianischer Goldseifen, am wahrscheinlichsten aus dem Municip Serro stammend und zwar nur auf chemischem Wege nachgewiesen.

So erwähnt Wollaston das Vorkommen eines Iridiumerzes, des Platins und des Mitvorkommens von winzigen gerollten Zirkonkriställchen.

In der zweiten Mitteilung (1809) beschreibt Wollaston ausführlicher die Beschaffenheit der Platinkörner und das Vorkommen der Palladiumkörner und aus diesen Notizen geht nach den neuesten Funden hervor, daß die ersten Proben aus dem Muncip Serro und zwar aus dem Corrego das Lagens stammten.

Vor der Entdeckung des Metalls Pd aber war den brasilianischen Bergleuten schon aufgefallen, daß in gewissen eisenglanzreichen Goldseifenlagern (Cascalho) das ausgebrachte Gold sehr unrein, von heller, bald silberweißer Farbe, bald kupferrötlich war, auch sich als sehr brüchig zeigte. Diese Fehler der Goldbarren wurden auf die Anwesenheit von Platin zurückgeführt, da damals das Palladium noch nicht bekannt war und beziehen sich hierauf die Angaben J. V. Coutos (1798 bis 1801) wie auch Clouds (1809). Da aber in diesen Fällen nicht mit Sicherheit eruiert werden konnte, ob das Palladium mit Gold natürlich legiert war oder als gediegen Palladium mit gediegen Gold vorkam, da nur palladreiche Goldbarren untersucht wurden, so fällt das Verdienst, Palladiumgold in natürlichem Zustande gefunden und untersucht zu haben, Berzelius zu.

Das 1830 von Lampadius und Plattner untersuchte und als platinreiches Silbergold erkannte Goldvorkommen aus der Umgegend von Sabara, Minas, ist, wie unten weiter ausführlicher angegeben wird, nachweisbar aus Jacutinga des Itabirits (wahrscheinlich von Gongo Socco oder Itabira do Matto Dentro) gewesen und kam eine Verwechslung der Metalle Pt und Pd vor, da damals letzteres noch wenig bekannt war. Nichtsdestoweniger ist es aber sehr wahrscheinlich, daß das untersuchte Jacutingagold gediegen Platin enthielt, wie dies tatsächlich für Gongo Socco und Itabira do Matto Dentro nachgewiesen ist.

Aus der Mitteilung von Berzelius geht auch mit Gewißheit hervor, das das erste brasilianische, quantitativ analysierte Palladiumgold aus dem Staate Goyaz stammte und der von Frobel gegebene Name »Porpezit« (nach einer angeblichen Lokalität Porpez oder Pompeio benannt) aus der Verunstaltung des Wortes Goyaz entstand.

Berzelius schreibt (1835): »Unter dem Namen »Ouro podre« (faules Gold) hat mir E. Pohl eine Art gediegen Gold zugeschickt, welches in der Capitania Porpez in Südamerika vorkommt. Dieses Gold bildet vieleckige Körner von unreiner Goldfarbe, die vor dem Lötrohre schmelzen, wobei kleine Quarzkörner auf der Oberfläche schwimmen. Mit Borax geschmolzen

färbt die Metallkugel denselben nicht und ist nach dem Erkalten geschmeidig. Nach Abzug der eingemengten Quarzkörner, deren Menge eine geringe ist, besteht dieses Gold zufolge einer von mir an einem einzigen größeren, 0·623 *g* schweren Korne angestellten Analyse aus:

Au	85·98%
Pd	9·85%
Ag	4·17%
	100·—%

Von Kupfer zeigte sich keine Spur.

Das analysierte Gold stammte also aus den Sammlungen des Wiener Geologen Pohl, der bekanntlich den brasilianischen Staat Goyaz (früher wurden die Staaten als Capitania, später als Provincia, jetzt als Estado bezeichnet) bereiste.

Pohl erwähnt in seinen »Beiträgen zur Gebirgskunde von Brasilien« von dem Vorkommen dieses Goldes jedoch nichts, seine Sammlungen sind aber bekanntlich im k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien seit 1837 aufbewahrt und daselbst fand sich unter Nr. 1099 und 1100, Brasilianisches Museum, ein als PdAu bezeichnetes Gold, von Arrayas, Capitania Goyaz, stammend.

Der Güte des Herrn Direktors Prof. F. Berwerth in Wien verdanke ich eine Probe dieses Goldes und konnte ich mich überzeugen, daß selbes tatsächlich ein palladiumreiches Gold ist.

Außerdem gibt schon v. Eschwege in seinem »Pluto Brasiliensis« 1832, pag. 77, an, daß das sogenannte Ouro podre bei Arrayas in Goyaz 1740 schon reichlich gefunden wurde.

Dieser Ort liegt östlich von der Stadt Palma, am Flusse gleichen Namens im Norden des Staates Goyaz, nahe der Grenze des Staates Piauhy.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß das von Berzelius untersuchte PdAu von diesem Orte stammte und Porpez gleichbedeutend mit Goyaz ist, weshalb auch der Name Porpezit ganz aus der mineralogischen Literatur verschwinden soll und auch nicht von Pompeo abgeleitet werden kann.

Das PdAu von Arrayas, Goyaz, stammt ohne Zweifel aus Flußsanden, da es meist in gerollten Blättchen vorkommt, die Farbe desselben ist eine hellgraue, gelbliche bis schwach kupferrötliche. Eisenglanz zeigt sich mit selbem nicht verwachsen und auch die Analyse ergab Berzelius volle Abwesenheit von Fe und Cu. Trotzdem ist es aber sehr wahrscbeinlich, daß dieses PdAu auch aus Itabiriten stammt, wie alles Palladiumgold aus Minas Geraes und hat schon Pohl das Vorkommen von »Eisenglimmerschiefer in Goyaz« erwähnt.

Auch ich konnte das Vorkommen von solchen Eisenglimmerschiefern in konkordanter Lagerung mit typischen und schiefrigen, glimmerigen Quarziten (Itacolumiten) auf der Serra dos Pyrenaeos in Goyaz beobachten und scheint mir die Verbreitung dieser Gesteinsserie nach dem Norden von Goyaz hin sehr wahrscheinlich.

Die ersten Nachrichten über das Vorkommen von Palladiumgold im Gestein aus Brasilien verdanken wir Perc. Norton Johnson und W. A. Lampadius (1837).

Johnsons Mitteilung lautet: »Das palladiumhältige Gold wird in der Grube Gongo Socco (statt Gorgo Socco) bei Caethe Minas durch das Verwaschen der »Zacotinga« (Jacutinga) gewonnen. Das Zacotinga (die Jacutinga) bildet ein ausgedehntes Eisensteinlager, in welchem das palladiumhältige Gold nesterweise vorkommt und Glimmer, Manganerz und Quarz eingemengt enthält. Ich glaube, sagt Johnson, daß das Palladium teils gediegen, in Verbindung mit Gold, teils als Oxyd in dem Erze vorkommt.

Lampadius hielt das braune Pulver (Überzug auf dem Palladiumgold) für ockrigen Limonit, überzeugte sich aber durch Analyse, daß es eisenreiches Palladiumoxydat, wahrscheinlich Oxyd, ist.

Man wird dieses finden, wenn man etwas von dem Erze in Salzsäure digeriert, wobei man sehen wird, daß sich Chlorpalladium bildet.

Bis auf die letzten vier Jahre (1833) wurde das Palladium nicht aus dem brasilianischen Golde geschieden, aber seit dieser Zeit gab Johnson für die Besitzer der Grube Gongo

Socco eine Scheidungsmethode an, durch welche das Gold rein dargestellt und das geschiedene nach England ausgeführt wurde.

(Es folgt nun eine Beschreibung des Scheidungsprozesses, auf welche wir hier nicht weiter eingehen wollen.)

Lampadius fiel es auf, daß auch eine Spur Platin mit dem Palladgold in dem Jacutingagolde (neben Osmium) gefunden wurde, und meint, es sei wahrscheinlich, daß auch eine geringe Menge Platinerz mit der Jacutinga vorkäme, oder aber die genannten Metalle Os und Pt Nebenbestandteile des Golderzes selbst wären.

Gongo-Socco.

Die Grube Gongo-Socco, 6 Meilen südöstlich von Cathe, wurde innerhalb der Jahre 1826 bis 1856 von der englischen Kompagnie »Imp. Brasilian Mining Association« bis zu einer Tiefe von 70 Faden mit dem größten Erfolge auf Gold abgebaut.

Die Totalausbeute war 12.887 *kg* (32,528.098 lb. troy) 20karatigen Goldes im Werte von 1,388.416 L. St.

Das Gold kommt hier in gewissen Lagern des schiefrigen, stark gefalteten Eisenglimmerschiefers, Itabirit, vor, die oft in nur wenige Zentimeter starken Bändern, meist aber auch in kleinen linsenförmigen Einlagerungen (»bunches«) gewissen Teilen des mächtigen Itabiritlagers eingeschaltet sind und als »Jacutinga« bezeichnet werden.

Bald werden diese Jacutinganester und -linsen als mürbelocker, reich an Eisenocker, mulmigem Braunstein, oft mit Talkblättchen vermengt, beschrieben, bald wieder als »soft micaceous« Eisenglanz, ohne Talkblätter, aber mit weißem Ton vermengt, bestehend angegeben, wie von Maquine.

Die goldreichen Jacutingastücke genannter Lokalitäten: Gongo-Socco und Maquine, die ich zu untersuchen die Gelegenheit hatte, bestanden aber aus hartem Eisenglanzschiefer, in dem der Quarz sehr zurücktrat; wenig erdiger Limonit und Braunstein fand sich neben vereinzelten Talkblättchen und steinmarkähnlichen Massen. Als akzessorische Mineralien fanden sich neben gerolltem Zirkon auch Rutil und Cassiterit.

Wie reich diese Jacutinganester, besonders in den oberen bis zu 40 Faden Tiefe abgebauten Itabirits waren, geht aus den offiziellen Angaben Henwoods hervor, wie z. B.:

Westlich von Duval's Shaft, 7 Faden Tiefe, in 7 Tagen	115.321 lb. G.
Zwischen Walker und Aveline Shaft, 3 Faden tief, in 2 Monaten	531.192 lb. G.
Westlich von Lyon's Shaft, 14 Faden tief, in 6 Tagen	516.654 lb. G.
Westlich von Lyon's Shaft, 14 Faden Tiefe, in 2 Tagen	140.821 lb. G.
Östlich von Lyon's Shaft, 34 Faden Tiefe, eine Masse von	30.000 lb. G.
Curtis Shaft, 34 Faden Tiefe, in 3 Stunden	105.000 lb. G.
Östlich von Gibbson's Shaft, 34 Faden tief, in 2 Tagen	219.018 lb. G.

Die zutage überliegenden Itabiritschichten, meist sehr quarzreich, erwiesen sich als sehr goldarm, kaum mehr als 1 *g* pro Tonne gebend. Bedeckt sind selbe von einem ganz jungen, eisenschüssigen Konglomerat, der sogenannten Canga, aus Quarzbrocken und Itabiritbruchstücken bestehend, welche ebenfalls goldführend ist und schon von den alten Bergleuten vor Beginn der Arbeiten der englischen Kompagnie deshalb durchwühlt und ausgewaschen wurde.

Es möge schon hier hervorgehoben werden, daß nicht allein in Gongo-Socco, sondern auch an vielen anderen Punkten der in Minas weitverbreiteten Itabiritformation sich dünne, an Kalk- und Magnesiasilikaten reiche Kalksteinbänke eingelagert finden, und zwar mit gleichem Streichen.

Es erscheint als notwendig, hier eine genauere Definition und eingehendere Beschreibung des Itabirits und der »Jacutinga« zu geben, da mehrfach der Itabirit schlechtweg als Jacutinga bezeichnet wird und der Itabirit an und für sich gleichfalls eine große Verschiedenheit sowohl in der Struktur wie auch in der mineralischen Zusammensetzung zeigt.

So wurden auch als Itabirite (Eisenglimmerschiefer) Gesteine mit deutlicher Schieferstruktur bezeichnet, die den

alten kristallinischen Schiefern konkordant eingelagert sind und als Glimmerschiefer, in denen der Biotit durch glimmerigen Eisenglanz ersetzt ist, zu bezeichnen sind.

Anderseits gab man auch den Namen Itabirit körnigen, hauptsächlich aus zu Eisenoxyd umgewandelten Magneteisensteinen, die ganz ohne Schieferstruktur sind.

Als Itabirit sollen hier nur die schiefrigen, selten körnigen, aber dann auch deutlich schichtigen, bankartig gelagerten Quarzeisenglanz-Gesteine bezeichnet werden, die einer gewissen Schieferserie, aus Itabirit, Itacolumit, d. i. schiefrigen Muscovit (Sericit) führenden Quarziten, mit oder ohne Flexibilität, und diesen konkordant zwischengelagerten, grauen oder weißen, oft an Kalk-Magnesiasilikaten reichen Kalksteinen bestehend, angehören und geologisch jünger sind als die altkristallinischen Glimmerschiefer und Gneise.

Den Itabiriten ist in den meisten Fällen eine poröse Struktur eigen, als ob ein Gemengteil aus selben durch das Wasser ausgelaugt worden wäre; wahrscheinlich war dieser ein Karbonat oder ein leicht zersetzbares Silikat.

Deshalb war auch in den alten, sehr goldreichen Itabiritminen die enorme Wasserdurchlässigkeit dieser Schichten sehr gefürchtet. Als der einzige aber bemerkenswerte akzessorische Gemengteil der Itabirite ist nur Rutil zu nennen, der sicherlich aus der Zersetzung titanreicher Eisenerze herrührt; häufig erscheint in den Itabiriten der in Eisenoxyd umgewandelte Magnetit (Martit), seltener Muscovit- und kleine Talkblättchen.

Meist sind die Itabirite ganz kiesfrei und häufig von schmalen Quarzgängen und -schnüren durchzogen, sehr stark gefaltet und nach allen Charakteren als ein metamorphosiertes (kalkiges) Sediment zu deuten.

Als Jacutinga sind die stets nur schmalen, kaum 50 *cm* mächtigen nesterförmigen Einlagerungen und Bänder im Itabirit zu bezeichnen, die sich durch einen, dem ganzen Itabirit sonst fremden, oft enormen Goldgehalt, vollständiges Fehlen der Kiese und Auftreten von bald talkreichen, bald rein tonigen Nestern im Vereine mit mulmigem Braunstein auszeichnen.

Die Jacutingalager (-nester, -bänder, -linien, -horses) zeigen nicht durchwegs die gleiche mineralische Zusammensetzung.

Einesteils sind sie ausgezeichnet durch eine mulmige Beschaffenheit, hervorgerufen durch erdigen Braunstein und führen ein steinmarkähnliches Mineral, aus einem dichten Talkblättchenaggregat bestehend, und nicht selten Asbestfasern, die durch Brauneisen gefärbt sind.

Andernteils sind sie quarzreicher und mit Tonnestern, reinem Kaolin, meist durch Limonit gefärbt, die beim Verwaschen keinerlei für granitische Gesteine etwa charakteristische Minerale zurücklassen, wie durch das Vorkommen von schwarzen Turmalinsäulchen, die fest mit dem Eisenglanz verwachsen sind und durch Muscovitblätter ausgezeichnet.

Die bald mulmig-erdige, bald feste Beschaffenheit der Jacutinga hängt nur von der Anwesenheit des Braunsteins und Limonits ab. Die verschiedene mineralische Zusammensetzung der Jacutinga läßt aber auf verschiedene Genesis derselben schließen.

Sicherlich ist das ursprüngliche, nun in total zersetztem Zustande vorliegende Gestein im ersterwähnten Falle ein anderes gewesen als im zweiten.

Wie erwähnt, kommen im Itabirit sehr häufig schmale, an Magnetit und Kalk-Magnesiasilikaten reiche Einlagerungen von Kalk vor und wird man, wie später von Candonga gezeigt wird, wo ein solcher im Granitkontakt veränderter, sehr goldreicher Kontaktkalk im Itabirit eingelagert ist, zur Ansicht gelangen, daß ein Teil der Jacutinganester solchen magnetitreichen nun total zersetzten Kontaktkalken, die nesterförmig dem Itabirit eingelagert waren, gleichzustellen ist.

Anderseits sind für die tonreichen, glimmerigen und turmalinführenden Jacutiganester (mit Cassiterit!) wohl eher ein granitischer Ursprung, von zersetzten pegmatitischen Adern herrührend, wahrscheinlich, umsomehr, da in manchen Itabiriten feldspatführende Quarzgänge mit durchgreifender Lagerung den Itabirit und mit ihm auch die Jacutinganester durchsetzen.[1]

[1] Ausführliche Angaben über Jacutinga und Itabirit finden sich: Henwood, Metallif. Deposits, Vol. I, p. 214 bis 282. Vergl. auch Burton, Highlands of Brazil., Vol. I, p. 301.

So gibt auch Henwood an, daß der dünngeschichtete, oberliegende Itabirit 4 bis 7 Fuß dicke Lagen eingeschaltet enthält, die aus Quarz, Kalkspat, Eisenglanz und Talk bestehen, aber als sehr goldarm sich erwiesen.

Schreiber dieses hatte Gelegenheit, eine Anzahl solcher goldreicher Jacutingastufen von Gongo Socco zu untersuchen, welche Mine seit 1860 außer Betrieb ist infolge Wassereintrittes und Zusammensturzes der Stollen, jetzt aber wieder eröffnet werden soll und fand, daß

1. hier keine Körner von gediegenem Palladium und Platin sich fanden,

2. das Gold in meist blättrigen Gestalten und von verschiedener Farbe und Feinheit erscheint. Das blättrige Palladiumgold verrät sich schon durch seine hellere, meist kupferrötliche Farbe; außer diesem kommt aber auch hochkaratiges palladiumfreies Gold in mehr körnig-hackigen Gestalten mit vor.

Vom Gongo-Soccogolde wurden eine Reihe von Analysen durch Mister J. P. Norton ausgeführt, die Henwood zitiert; es muß aber hierzu bemerkt werden, daß damals das Gold nur mittels »batêas« (Waschschüsseln) konzentriert und dann nach London gesandt wurde.

Johnsohn fand (1833 bis 1841) in dem zuerst 21-, dann 20karatigen Golde von Gongo-Socco folgende Proportionen anderer Metalle in I lb. troy unraffinierten Goldes:

Jahr	Faden Tiefe	Ag	Pd	Cu	Pt
1833	41	338·77 (5·88%)	224·23 (3·89%)	112 (1·94%)	7·35 (0·12%)
1834	48	317·21 (5·47%)	236·28 (4·19%)	— —	4·62 (0·07%)
1835	48	335·39	243·75	—	3·28
1836	48	280·46	177·46	—	3·80
1837	48	304·97	336·33	—	3·91
1838	55	264·81 (4·76%)	214·59 (4·27%)	— —	2·36 (0·04%)
1839	62	289·33	296·53	—	2·33

Jahr	Faden Tiefe	Ag	Pd	Cu	Pt
1840	62	247·47	238·04	—	—
		(4·48%)	(4·80%)	—	—
1841	62	302·03	430·98	215·50	—
		—	—	(3·74%)	—

Henwood zieht aus diesen Analysen Johnsons den Schluß, daß gegen die Tiefe hin (im Abbau) sich der Silbergehalt wie auch der geringe Platingehalt augenscheinlich verminderte, während der Palladiumgehalt wie der des Kupfers des (unraffiniert zur Schmelze gegebenen) Goldes sich vermehrte.

Aus den Analysen Johnsons geht hervor, daß der Palladiumgehalt des Gongo-Soccogoldes kein hoher ist und 5% nicht übersteigt. Bekanntlich hat Johnson aus der enormen Menge des in dieser Mine gewonnenen Goldes das Palladium abgeschieden und so war es schon 1845 ihm möglich, der R. Geological Society in London genügend gediegenes Palladium zur Prägung der Wollastonmedaille zur Verfügung zu stellen.[1]

Bemerkenswert ist hier der schon von Lampadius geahnte geringe Platingehalt des Goldes aus Itabiriten wie von Gongo-Socco.

Das zweitälteste bekannte Vorkommen von Palladiumgold, gleichfalls auf Grund von Analysen von P. Johnson, ist das von Candonga, östlich von Serro, Minas, welche Goldmine von V. v. Helmreichen studiert wurde.

Im folgenden sollen hier zuerst die Originalnotizen v. Helmreichens, zum Teil Henwoods Werk entnommen (dem das Manuskript Helmreichens zur Verfügung stand), gegeben werden, um dann eigene Beobachtungen, die im Verein mit Ingenieur M. Lisboa, der auch die Grube besuchte, gemacht wurden, anzufügen.

---

[1] Quart. Journ. Geolog. Soc. London, 7, 1851, p. 2.

Über das Vorkommen von Palladiumgold in einem Kontaktkalke von Candonga, Minas Geraes.

I. Historisches.

W. J. Henwood gibt in seinen »Observations on metalliferous deposits« 1871, T. I., pag. 175, eine kurze Notiz über ein Vorkommen von Palladiumgold im »Granit« von Candonga, Minas, welche der Art des Vorkommens wegen meine Aufmerksamkeit erregte und mich zu Nachforschungen über die heute gänzlich in Vergessenheit geratene Goldmine anregte.

Henwood schreibt über dieselbe, sich zum größten Teile auf das Manuskript des jahrelang (1836 bis 1850) in Goldminen Brasiliens (Gongo-Socco, Morro-Velho etc.) tätig gewesenen, österreichischen Bergingenieurs V. v. Helmreichen berufend, folgendes:

»Körnchen von Gold sind spärlich eingesprengt im Gemenge von Quarz, Feldspat und Magneteisen im Granit von Candonga, ganz ähnlich wie das Zinnerz in dem von Cornwall.

Das goldführende Gestein verliert zeitweise durch Zurücktreten des Quarzes und Vorherrschen des Magneteisens ganz den granitischen Charakter (Habitus).

In diesem eisenreichen Granit ist das Gold unregelmäßig und spärlich verteilt und mit 5 bis 8% Palladium legiert (nach Analysen von P. N. Johnson), von hellgelber Farbe, so daß es manchmal gediegenem Silber ähnlich ist.

Teils ist das Gold in den angegebenen Mineralien eingeschlossen, teils finden sich wieder Mineralkörnchen im Golde eingeschlossen. Auch rauhflächige Goldkristalle finden sich auf drüsigen Hohlräumen, die Größe der spärlich verteilten Goldkörnchen ist von 0·012 bis 0·022 Inch schwankend.

Die quarzreicheren Partien des Gesteins enthalten Nester von erdigem Braunstein und kleine oktaedrische Goldkristalle. Auch winzige, an beiden Enden ausgebildete Quarzkriställchen finden sich mitunter auf Spalträumen.

Das goldführende Gestein ist durchbrochen von einer Reihe von Klüften ein und derselben Reihe (bounded by joints of one

series) und zwischen diesen Blättern, die verschiedenes Streichen besitzen, ist oft goldfreies Gestein zwischengeschaltet, in beiden Teilen aber, dem goldführenden wie dem goldfreien, ist das Material ein vorherrschend granitisches.

P. 311, l. c., erwähnt Henwood nochmals, daß das goldführende Gestein von Candonga ein Granit ist, aus gelbem Feldspat, weißem Quarz und Magneteisen bestehend, und p. 341, l. c., hebt er nach v. Helmreichens Angaben hervor, daß das goldführende Lager von Candonga durch Quergänge (cross-veins) beeinflußt ist.

Burton erwähnt in seinem Reisewerke »The Highlands of Brazil«, 1869, p. 214, nur kurz, daß innerhalb der Jahre 1844 bis 1850 in Candonga, Municip Serro-Frio, eine englische Kompagnie »The Serra dea Candonga-Gold Min. Comp.« zwei bis drei Jahre tätig war und die Arbeiten aufgab.

Zu W. L. v. Eschweges Zeiten (1820 bis 1830) war das Vorkommen von Gold im Gestein daselbst noch nicht bekannt, wohl aber wurde damals schon (vor 1814) aus dem »cascalho« der Flüsse Candonga und Guanhaes, am Fuße der Serra da Candonga, Gold ausgewaschen und erwähnt v. Eschwege, daß in dieser Gegend häufig über dem Grundgebirge, dem Gneis, Lager von Seifenstein sich zeigen und die Serra vorwaltend aus Eisenglimmerschiefer besteht (Gebirgskunde Brasiliens, 1832, p. 204).

In seinem »Pluto Brasiliensis« verzeichnet v. Eschwege in der Goldproduktionsliste für 1814, Taf. 8, daß im Flüßchen Candonga ein Arbeiter 55 Oitavas und im Flusse Guanhaes 20 Arbeiter 780 Oitavas Gold auswuschen.

Erst die klaren, wenn auch kurzen Mitteilungen V. v. Helmreichens (in den »Berichten über die Mitteilungen von Freunden der Naturwissenschaften«, Wien, 1847, II. Bd., p. 137) gaben mir Aufschluß über die Art des Vorkommens des Goldes auf der Serra da Candonga.

V. v. Helmreichen explorierte 1844, auf Einladung genannter englischer Kompagnie hin, im Verein mit dem Commissioner Lott die Mine; leider aber blieb das ausführliche Manuskript Helmreichens hierüber, wie eine Reihe anderer Studien desselben Forschers, bisher unveröffentlicht und scheint

das Manuskript (der kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien gehörig) verloren zu sein.

V. v. Helmreichen berichtet dto. 6. Mai 1846 an Direktor v. Haidinger nach Wien über die Mine von Candonga folgendes:

»Die Umstände bestimmten mich, vor dem Antritte meiner großen Reise über die Cordilleren noch einen Ausflug nach Minas Geraes vorzunehmen, um die Bergbaue von Candonga und Morro-Velho zu untersuchen und Betriebspläne für dieselben anzufertigen.

Ich habe diese Geschäfte vollendet.....

(Ibidem, p. 142.) In Candonga wurden während meines Dortseins mehrere neue Goldstände und selbst ein neues Lager angefahren. Alles das konnte jedoch die Auflassung dieses Bergbaues nur verschieben, aber nicht verhindern.

Sehr merkwürdig waren mir die dortigen Lagerungsverhältnisse, indem der Eisenglimmerschiefer hier in unmittelbarer Berührung mit der Granit-Gneisformation steht, während er auf der Serra do Espinhaco und ihren Nebenzweigen in der Regel nur in Gesellschaft des Itacolumites und der Talk-Tonschieferformation auftritt.

Der Eisenglimmerschiefer von Candonga wird samt den goldführenden Lagern von mächtigen granitischen Quergängen durchschnitten und ist im Hangenden wie im Liegenden von granitischen Gebilden umgeben.

Merkwürdig ist es, wie das Hauptlager unter dem 27. Klafterlauf seinen Charakter verändert. Oberhalb desselben besteht es aus einer eisenschüssigen Masse, körnigem magnetischen Eisen und selten aufgelösten Feldspat in sich schließend.

Das Ganze ist so weich, daß bedeutende Mengen in kurzer Zeit mit der Picke verarbeitet werden können.

Unter dem 27. Lauf wird es so fest, daß es nur durch Sprengarbeit gewonnen werden kann. Es besteht daselbst vorzüglich aus einer gelben, mehr oder weniger durchsichtigen, gehlenit(?)ähnlichen und strahlsteinartigen Masse, gemengt mit körnigem Magneteisen und Kalkspat. Ich werde bitten, dieses gelbe Mineral, das ich der Sammlung (des k. k. naturhistorischen Hofmuseums) beischließe, näher untersuchen zu lassen und mich mit dem Resultate bekanntzumachen. Sie

werden von dieser Lagermasse mehrere Stücke mit und ohne Gold unter meiner Einsendung finden.

Auch habe ich einige Stückchen von dem grünen Bildstein beigelegt, der daselbst vorkommt.

(Ibidem, p. 146.) Candonga scheint einem Eisenglimmerschieferzuge anzugehören, welcher sich auf der Ostseite und in gewissen Entfernungen von der Serra de Espinhaco, fast gleichlaufend mit ihr, wenngleich nicht ohne bedeutende Unterbrechungen, von Süden nach Norden hinzieht.

Morro Agudo, am Piracicaba, Montelevade's Fazenda, Itabira do Matto Dentro und Candonga sind einzelne Punkte dieses Zuges.....«

Soweit gehen die mir zugänglichen, kärglichen, aber bedeutungsvollen Nachrichten des um die Geologie von Minas Geraes hochverdienten österreichischen Bergingenieurs Virgil v. Helmreichen.

Aus diesen Angaben v. Helmreichens scheinen mir jedoch mit voller Klarheit folgende Tatsachen zu resultieren:

1. daß das goldführende Gestein in Candonga in Form eines Lagers den Itabiriten (Eisenglimmerschiefern), die am Aufbau der Serra gleichen Namens eine Hauptrolle spielen, eingelagert ist;

2. daß diese Itabirite mitsamt dem goldführenden Lager durch verschiedene granitische Gänge, wohl Apophysen des in der Tiefe anstehenden jüngeren Granits, durchbrochen wurden. Ja, v. Helmreichen gibt sogar an, daß daselbst der Granit über dem Itabirit lagernd beobachtet wurde;

3 daß das Gold nicht gleichmäßig im Gestein verteilt ist, sondern zeitweise in dem durch ein gelbes Silikat (Gehlenit) ausgezeichneten Gestein stark angereichert erscheint (in bunches), zum Teil dies sich auch goldfrei fand.

4. daß das Gold dieses Lagers sich durch einen verhältnismäßig hohen Palladiumgehalt von 5 bis 8 %, wie in allen Jacutingalagern des Itabirits Brasiliens, auszeichnet.

Henwood gibt jedoch irrtümlich an, daß das Gold hier im Granit vorkäme, während v. Helmreichen das goldführende Gestein niemals als solchen bezeichnete.

Im folgenden sollen die Gesteine und Art des Goldvorkommens eingehender beschrieben werden, wie ich selbe einesteils durch Studium von Originalstufen v. Helmreichens, andernteils durch neue Aufsammlungen an Ort und Stelle durch meinen Freund und Kollegen, Ingenieur M. Lisboa, den ich hierauf aufmerksam machte, in der alten Grube und auf der Serra da Candonga selbst ausgeführt, anstellen konnte und auch der geologische Bau der Gegend besprochen werden.

II. Eigene, neue Beobachtungen.

Im Verlaufe meiner letzten Europareise (1900) hatte ich Gelegenheit, durch Güte des Herrn Direktors, Prof. Dr. P. Groth und unter Führung meines geehrten Freundes, Prof. Dr. Grünling, in der königl. bayerischen Staatssammlung außer einer großen Zahl von goldführenden Jacutingastufen von Gongo-Socco, auch eine Probe eines eigentümlichen goldführenden Gesteins mit der alten Etikette »Condonga, Minas« zu finden, die noch aus der alten Sammlung des Herzogs von Leuchtenberg stammte.

Herr Prof. Groth hatte die Güte, mir von der ohnehin kleinen Probe ein kleines Schleifstück abzugeben und soll dieses in folgendem »(M. L.)« bezeichnet werden.

Ein weiteres, davon verschiedenes Gesteinsstück erhielt ich durch freundliches Entgegenkommen und Güte des Herrn Direktors der Mineraliensammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums, Herrn Prof. Dr. F. Berwerth in Wien, nachdem ich vorher in Erfahrung gebracht hatte, daß, nach einer von Herrn Kustos Dr. R. Koechlin mir freundlichst zugesandten Liste der im Wiener Hofmuseum vorfindlichen brasilianischen Goldvorkommen, sich auch die nach dem Tode V. v. Helmreichens daselbst angekauften Originale dieses Forschers von der Mine Candonga befinden.

Diese Gesteinsprobe, sehr goldreich, soll im folgenden als »(W. H.)« bezeichnet werden.

---

a) Das erstgenannte Gestein (M. L.) könnte man nach bloßer makroskopischer Beobachtung als einen grobkörnigen Pyroxenfels oder als Amphibolit deuten, der sich bereits ziemlich in Zersetzung befindet, da die hellgrüne Hornblende sehr feinfaserig, ja schon stark in Asbest umgewandelt ist.

Auf den Spaltrissen der beiden Hauptgemengteile, Pyroxen (Diopsid) und Hornblende (Aktinolith) zeigt sich schon makroskopisch das hellkupferrötliche bis fast silberweiße Palladiumgold in dünnen, langen, unregelmäßigen Blättchen und Häutchen abgelagert, respektive verwachsen.

Außer diesen Gemengteilen finden sich noch größere unregelmäßige Magnetitkörner und selten auch Körner eines hellbraunen, schon stark in Zersetzung begriffenen, olivinähnlichen Minerals, das erst in Dünnschliffen richtig bestimmt werden konnte.

Schließlich sind noch seltene weiße Körnchen eines Karbonates zu erwähnen.

In Dünnschliffen (Taf. II, Fig. 1) zeigt sich das Gestein zusammengesetzt aus:

1. größeren, unregelmäßigen, langprismatischen Körnern eines monoklinen, fast farblosen Pyroxens, mit ausgezeichneter prismatischer Spaltbarkeit, der, wie Separatanalysen später zeigten, ein ganz tonerdefreier Diopsid ist;

2. ebensolche große Körner eines gleichfalls im Schliffe fast farblosen, monoklinen Amphibols, vom Pyroxen nur in Schnitten quer auf die Vertikalachse durch die Spaltbarkeit und in Längsschnitten durch die geringere Auslöschungsschiefe gut unterscheidbar. Dieser Amphibol, ein tremolithähnlicher, erscheint schon makroskopisch oft sehr feinfaserig und zeigt im Schliffe eine vorgeschrittene asbestartige Umwandlung, auf Klüften nicht selten erfüllt von Körnchen eines farblosen Karbonates.

Als 3. Hauptgemengteil erscheint in großen unregelmäßigen Körnern Magnetit zwischen und in kleinen Oktaedern in den Bisilikaten als Einschluß. Die großen Körner zeigen schon

makroskopisch auf angeschliffener Platte eine Umwandlung in Eisenoxyd. Auch trifft man mitunter runde Körner von Pyroxen vollständig vom Magnetit eingeschlossen.

Keinerlei feldspatiger Gemengteil ist vorhanden, auch kein frischer Olivin sichtbar; es kommen aber in diesem Gestein selten rundliche, mit einer schmalen Eisenhydroxydzone umkränzte Körner vor, die sich im Dünnschliff als vollständig in ein verworren-faseriges, zum Teil in ein radialfaseriges, serpentinähnliches Mineral zersetzt zeigen, aber keine frischen Mineralreste mehr enthalten.

Als sekundäre Mineralien erscheinen hier außer dem erwähnten Asbest noeh stellenweise, als Kluftausfüllung, farblose unregelmäßige Körner eines farblosen Ca-Mg-Karbonates und in diesem Gestein ziemlich selten.

Das Gold, das der Art des Vorkommens nach gleichfalls als ein sekundär eingewandertes, infiltriertes Mineral anzusehen ist, ist, wie schon die Analysen Johnsons dartaten, als ein sehr ($5^1/_2$ % Pd.) palladiumreiches zu bezeichnen, was auch schon durch die helle kupferrötliche, oft bis silberweiße Farbe zu erkennen ist.

Die Goldmenge in diesem Gestein (M. L.) ist eine relativ sehr große. Neben dem PdA erscheinen auch sehr selten winzige Körnchen eines reinen hochkaratigen Goldes, wie eine qualitative Analyse an einem kleinen Gesteinsstückchen dartat.

Das feingepulverte Gestein wurde zuerst mit Klein'scher Lösung getrennt und der Magnetit mit dem Eisenglanz durch den Elektromagneten gesondert. Es verblieben hiebei nur die dünnen Pd-Au-Blättchen und wenige dunkelgold gefärbte Körnchen des hochkaratigen Goldes neben einigen frischen Silikatkörnern, welch letztere durch Flußsäure und Salzsäure entfernt wurden.

Dann wurden die beiden Godsorten unter dem Binokularmikroskop getrennt und beide qualitativ untersucht.

Das Pd Au zeigte sich schon von schwachem Königswasser leicht lösbar und ergab nach Eindampfen und Aufnehmen mit (HCl) unter Zufügung von (KCl) eine sehr starke Kalium-Palladium-Chloridreaktion. Es verblieben aber nach

dem Lösen einige winzige, silberweiße Blättchen, die auch nach viermaligem Behandeln mit Königswasser nicht in Lösung gingen, demnach wohl Iridium oder Osmiridium sind.

Das tiefgoldgelbe, hochkaratige Gold gab keine Pd-Reaktion.

Das zweite (W. H.), im Wiener Hofmuseum befindliche und von V. v. Helmreichen selbst gesammelte Stück, das ich untersuchen konnte, ist im wesentlichen aus den gleichen mineralischen Gemengteilen zusammengesetzt, wie das oben beschriebene, jedoch viel frischer und enorm goldreich.

Das Gestein ist ziemlich grobkörnig und vorherrschend aus einem hellschwefelgelben Silikat und schwarzem Eisenerz zusammengesetzt, zwischen welchen als dritter Hauptgemengteil ein weißes Karbonat, hier ziemlich reichlich, in unregelmäßigen Körnern sich eingestreut zeigt.

Von Amphibol oder einem asbestartigen Zersetzungsprodukt ist hier makroskopisch nichts zu sehen, wohl aber ist in dem kleinen Stück, das ich erhielt, schon deutlich eine lagenförmige Struktur des Gesteins, eisenreiche mit silikatreichen Lagen abwechselnd, zu beobachten.

Das dunkelfärbige, anscheinend hochkaratige Gold ist in diesem Gestein allerorts in meist rundlichen Körnern bis zu 3 *mm* Durchmesser verteilt, nie in dünnen Blättchen oder von kupferroter Farbe, wie in dem (M. L.) Gestein und scheint hauptsächlich angereichert in den karbonatreichen Partien des hellgelben Silikates.

Eine geschnittene und polierte Platte zeigt, daß das auf der linken Seite angereicherte Eisenerz aus zweierlei Mineralien besteht, einem mattschwarzen, von HCl leicht angreifbaren, dem Magnetit, und einem lebhafter metallisch glänzenden, von HCl unangreifbaren, dem Eisenglanz. Letzterer enthält öfter Magnetitkörner eingeschlossen und nicht selten umrandet er ganz größere Magnetitkörner.

Auf der rechten Seite dieser Platte zeigt sich das hellgelbe Silikat angereichert und in diesem Gemenge erscheint auch reichlich das Freigold, teils als Einschluß in den Silikatkörnern, teils auf den Trennungsklüften derselben erscheinend.

Körnchen von Freigold finden sich aber auch im Magnetit als Einschluß, ebenso in den Karbonaten.

In den drei Dünnschliffen konnte zuerst richtig bestimmt werden, daß das vorherrschende hellschwefelgelbe Silikat, das sehr dem Chondrodit ähnlich ist und schon von Dr. Koechlin auf der Etikette als »Chondrodit?« bezeichnet war, ein monokliner Pyroxen ist. Neben demselben wurden aber auch einige rundliche Körner eines olivenähnlichen Minerales im Dünnschliff beobachtet, die als ein Mineral der Humitgruppe schon an der Zwillingsstreifung, dem optischen Verhalten nach etc. erkannt wurden, hier aber sehr selten vorkommen. Die Identifizierung dieses Gemengteiles mit Chondrodit gelang erst in den neugesammelten reichlichen Proben von Candonga.

Der pyroxenische Gemengteil ist seinem optischen Verhalten nach (Maximum der Auslöschungsschiefe zur Vertikalachse 35 bis 38°) als ein der Diopsidgruppe angehöriger Pyroxen erkannt und auch durch chemisch-quantitative Analyse bestimmt worden.

Selten erscheinen neben diesem Hauptgemengteil im Dünnschliff farblose, durch die starke Lichtbrechung und chagrinierte Oberfläche sehr dem Olivin ähnliche, fast immer rundliche Körner des Chondrodits, der häufig von dünnen Zwillingslammellen nach (001) durchzogen ist. Das spezifische Gewicht dieses Chondrodits ist ein mit dem gleichfarbigen Pyroxen so nahe übereinstimmendes, daß eine Sonderung beider unmöglich war.

Noch seltener erscheinen in diesem Gestein Körner eines Amphibols, eines hellgrünen Aktinolithes.

Häufiger sind hier die Karbonate anzutreffen (Ca-Mg-Karbonat), die auch als Einschlüsse in den genannten Silikaten in Form winziger Körnchen getroffen werden.

Der Magnetit umschließt nicht selten vollkommen größere Pyroxenkörner, so daß hier ebensowenig an eine regelmäßige Ausscheidungsfolge der einzelnen Gemengteile zu denken ist, wie hinsichtlich des reichlich vorhandenen Goldes, das in allen Gemengteilen sich als Einschluß findet.

Von diesem Gestein wurde eine quantitative Analyse mit besonderer Scheidung der einzelnen Gemengteile ausgeführt, die im großen und ganzen sicher einen Schluß auf die prozentuarische Zusammensetzung desselben zuläßt.

Zuerst wurden die Karbonate und der leicht lösliche Magnetit aus dem nicht zu fein gepulverten Gestein mit 20% kalter HCl ausgezogen. (Teil *A*.)

Aus dem gut ausgewaschenen unlöslichen Teil wurden zuerst die größeren Körnchen von Gold vorsichtig mit der Lupe ausgelesen, der Rest mit KNa-Karbonat aufgeschlossen und die Schmelze in verdünnter HCl gelöst, wobei wieder etwas Gold zurückblieb. (Teil *B*.)

Im Teil *A* wurden aus der Menge von Ca und Mg berechnet:

$CaCO_3$ 18·50% und $MgCO_3$ 3·36%, aus der Eisenoxydmenge als Fe_3O_4 12·10%.

Im Gestein, Teil *A* und *B*, fanden sich insgesamt PdAu 4·60%.

Der unlösliche Teil *B* wurde mit $KNaCO_3$ aufgeschlossen und wie eine gewöhnliche Silikatanalyse behandelt, die SiO_2 mit der CaO und MgO-Menge als Diopsid berechnet zu 58·14%, während das ganze Eisen als Eisenoxyd 5·82% ergab.

Von Al_2O_3 waren Spuren nachweisbar, hingegen fand sich eine deutliche Ni-Spur.

Demnach wäre im großen die prozentuarische Zusammensetzung des Gesteins aus folgenden Mineralien:

PdAu	4·60%
Silikate	58·15
Magnetit	12·10
Hämatit	5·82
Karbonate	21·86
	102·53%

Als Silikate fanden sich, wie erwähnt, Diopsid, etwas Chondrodit und Aktinolith, als Karbonate Kalk- und Magnesia-Karbonat. Demnach kann die Berechnung nicht genau stimmen, da gewiß von dem in HCl leicht löslichen Chrondrodit, wenn er auch sehr selten nachgewiesen wurde, im Teil *A* sich

SiO_2 und MgO befanden. Anderseits ist die Eisenmenge nicht ganz recht verteilt, da ein kleiner Teil als FeO in den Silikaten steckt.

Nichtsdestoweniger gibt aber vorliegende Partialanalyse doch einen Überblick über die prozentuarische mineralische Zusammensetzung dieses Gesteins.

Eine Bauschanalyse desselben Gesteins (ohne Bestimmung des sehr wechselnden Glühverlustes und ohne Trennung der Oxydationsstufen des Eisens in Hinblick auf das spärliche Material) ergab mir:

SiO_2	48·98%
PdAu	3·55
Fe_2O_3	12·66
Al_2O_3	0·30
CaO	14·18
MgO	19·01
(CO_2)	1·30 a. Diff.
	100 00%

Auch hier wurden deutliche Nickel- und Manganspuren nachgewiesen.

Die Zusammensetzung des Gesteins stimmt im ganzen gut mit der eines «Websterits» überein.

Auch von dem hellgelben Pyroxen (Diopsid) wurden, nach Trennung des grobgepulverten Gesteins mittels Thoulet'scher Lösung (D. 3·1), zwei Analysen ausgeführt, die aber, da mit dem Diopsid infolge gleichen spezifischen Gewichts sicher auch etwas Chondrodit beigemengt war, weder mir noch meinem Freunde W. Florence, einem alterfahrenen Chemiker ein ganz befriedigendes Resultat ergaben. (Unter I. meine, 2. Florence's Analyse, 3. Mittel aus beiden):

	I	II.	III.
SiO_2	55·00%	56·05%	55·52%
Fe_2O_3 / Al_2O_3	1·73	1·58	1·65
MnO / NiO	Spuren	—	—
CaO	25·80	25·24	25·52
MgO	18·43	19·60	18·43
H_2O	0·56	—	—
	101·52%	102·47%	100·12%

Auffallend ist bei beiden Analysen der Überschuß von $1^1/_2$ bis $2^1/_2\%$, der wohl auf den Fluorgehalt des spärlich beigemengten Chondrodits zurückgeführt werden kann. Im ganzen stimmt die auf 100% berechnete Analyse ganz mit der eines gewöhnlichen, thonerdefreien Diopsids.

Den mikroskopischen und chemischen Bestimmungen nach, ausgeführt an den beiden Museumsproben, könnte man versucht werden, dies Gestein als ein Eruptivgestein der Lherzolith-Pyroxenitgruppe, reich an Magnetit, angehörig zu betrachten und geradezu als Amphibolpyroxenit zu bezeichnen.

Die Karbonate wären als sekundäre Produkte zu deuten und tatsächlich fanden sich solche auch auf den Spaltrissen der Bisilikate, wie das Palladgold, öfters abgelagert, andernteils finden sich aber auch Karbonatkörner als Einschlüsse in den Silikaten.

Auch die große Frische des (W. H.)-Gesteinsstückes spricht schon gegen die sekundäre Natur der Karbonate, ferner ist die Beobachtung, daß das Gold sich in allen Gemengteilen eingewachsen findet, hervorhebenswert.

Erst die Untersuchung der von M. Lisboa an Ort und Stelle gesammelten Gesteinsproben von Candonga gab den Aufschluß über die Natur und Genesis des goldführenden Gesteins dieser Goldmine und sollen im folgenden dieselben beschrieben werden.

a) Geologische Beobachtungen.

Dieselben ergaben im wesentlichen nichts Neues und konnten nur V. v. Helmreichen's Beobachtungen vollkommen bestätigt werden.

Die Serra da Candonga besteht aus Itabirit, dessen Basis Granit und Gneis (Granitgneis) bilden; zahlreiche Gänge, zum Teil pegmatitische, durchziehen die Itabiritschichten und mit diesen auch das schmale, denselben konkordant eingelagerte goldführende Lager.

Letzteres wurde seinerzeit durch die nur drei Jahre dauernden Arbeiten der englischen Kompagnie, »The Candonga Gold-

Mining Co. L.«, durch mehrere Stollen aufgeschlossen, von welchen jetzt noch zwei zugänglich waren und von M. Lisboa begangen wurden, ohne jedoch in diesen bessere Aufschlüsse über die Lagerungsverhältnisse erhalten zu können, da das goldführende abgebaute Lager am Orte sich als eisenreich, total mulmig zersetzt zeigte.

Von einer Überlagerung des Itabirits durch den Granit konnte Lisboa nichts wahrnehmen, im Gegensatze zur Angabe v. Helmenreichens.

Der Itabirit zeigt sich nur mit »Canga« überlagert (Desaggregationscanga, an Ort und Stelle gebildet, nicht durch Alluvion). Auf der alten Halde, in der Nähe der alten Aufbereitungshalle, konnte M. Lisboa eine Reihe von Gesteinsstücken, die als Taubes ausgesondert waren, sammeln und zeigte es sich, daß das Gestein des abgebauten Lagers genau mit dem in den Museen befindlichen Gesteinsstücken übereinstimmt.

V. v. Helmreichen hebt in seiner Reisenotiz ausdrücklich hervor, daß das frische pyroxen-(gehlenit?-)reiche Gestein erst beim Abbaue gegen größere Tiefe hin (70 Klafter Stollen) angefahren wurde und steht es tatsächlich im Ausgehenden nicht an, sondern es sind hier nur mulmig zersetzte Lagen im Itabirit sichtbar, ganz ähnlich gewissen Jakutingalagern anderer Itabiritminen.

Von den Engländern wurden auch anfänglich nur diese mulmigen, eisenreichen, goldführenden Nester mit sehr schwankendem Erfolg abgebaut und als sie bei 70 Klafter Stollenlänge auf das harte Pyroxengestein stießen, verursachte ihnen die Aufbereitung desselben große Schwierigkeiten.

Schon v. Helmreichen gibt an, daß das Gold in diesem Lager sehr unregelmäßig verteilt erschien (»ganz wie in der Jakutinga«), so daß die englische Kompagnie mehrmals die goldführenden Nester verlor und eben in einem solchen Falle ihn als Experten berief. Als v. Helmreichen daselbst anlangte, hatten die Arbeiter schon wieder ein reiches Nest angetroffen und zwar diesmal in dem harten Gestein, von dem v. Helmreichen Proben, mit und ohne Gold, an das Wiener Hofmuseum sandte. (W. H.)

Die von M. Lisboa auf den Halden in Candonga gesammelten Gesteinsproben stimmen vollständig mit den von v. Helmreichen gesammelten überein und ergaben nach petrographischer Untersuchung erst Aufschluß über die Genesis desselben, wie des goldführenden Lagers im allgemeinen.

b) Petrographische Untersuchungen.

Die von Lisboa gesammelten Gesteinsproben von Candonga erwiesen sich, wie schon erwähnt, identmineralogisch zusammengesetzt, wie die Originalproben v. Helmreichens, zeigten jedoch, als durchwegs ganz frisch und unzersetzt, eine Struktureigentümlichkeit und ein stellenweises Vorwalten der Karbonate, wodurch schon von vornherein ausgeschlossen erscheint, daß dies Gestein eruptiven Ursprungs, etwa ein Pyroxenit (Jakupirangit, Alnoeit) sein könnte.

Ausgesprochen findet sich an diesen Stücken eine lagenförmige, schichtige Struktur, indem sich abwechselnd 1 bis 10 *cm* breite Bänder zeigen, die folgendermaßen zusammengesetzt sind:

1. Lagen, oft bis 5 *cm* breit, von vorherrschenden, weißen Karbonaten, reich an Einschlüssen regellos verteilter, deutlich abgerundeter, wie abgeschmolzener Körner und Kristalle (zum Teil mit deutlichen Kristallflächen) eines schwefelgelben Silikates, das als Chondrodit erkannt wurde.

2. Breitere (10 *cm*) Bänder eines dem Chondrodit ganz ähnlichen gelben bis grünlichgelben, grobkörnigen Pyroxens, öfters mit hellgrünen Aktinolithkörnern und schwarzen Magnetitkörnern vermengt.

3. Schmale, meist nur 1 bis 2 *cm* breite Streifen, vorherrschend aus Magnetitkörnern bestehend, vermengt mit etwas Pyroxen.

Diese Lagen wechseln unregelmäßig miteinander ab, so daß oft die reinen Pyroxen- und Magnetitbänder ganz vorherrschen und die Karbonatlagen zurücktreten.

Unter dem Mikroskope zeigte sich in Dünnschliffen, daß in den karbonatreichen Lagen (*a*) der Calcit vorherrscht, leicht

erkenntlich an den zahlreichen polysynthetischen Zwillingslammellen nach $-\frac{1}{2}R\,(01\bar{1}2)$ in den großen Körnern, von trübweißer Farbe, mit ausgezeichneter rhomboedrischer Spaltbarkeit, gleichsam die Grundmasse bildend, in der die Silikatkörner eingeschlossen sind.

Neben den Kalzitkörnern finden sich auch seltener Karbonatkörner, frei von aller Zwillingsstreifung und mit stärkerer Lichtbrechung, die den qualitativen chemischen Proben nach sich als magnetitreich erwiesen, auch von Essigsäure schwer gelöst wurden und wohl Dolomit sind. Ähnliche Körnchen finden sich auch als Einschlüsse in den Calcitkörnern und als Umrandung der Silikatkörner.

Letztere, bis zu 3 *mm* groß, sind stets abgerundet und im Schliffe ganz farblos, wie Olivin, auf den Spaltrissen von einem feinfaserigen, gelben, serpentinartigen Zersetzungsprodukt erfüllt (cf. Fig 1, Taf. I); erst die durch Essigsäure aus den Karbonaten rein ausgelösten Körner dieses Silikats ergaben nach qualitativer chemischer Probe zur Gewißheit, daß selbe dem Chondrodit angehören, indem sie wie Olivin leicht in HCl unter Ausscheidung gelatinöser SiO_2 löslich sind und neben starker Mg-Reaktion auch eine deutliche mikrochemische Fl-Reaktion ergaben. (Nach der Boricky'schen Methode.)

Als Einschlüsse finden sich nicht selten Magnetitoktaeder in den Chondroditkörnern; merkwürdig ist eine oft sichtbare Umrandung derselben durch farblose, wie gelappte Körner von Dolomit, vermengt mit einigen fast farblosen Pyroxenkörnern. Diese Dolomitkörner zeigen keine polysynthetische Zwillingsstreifung und eine stärkere Lichtbrechung als der gleichsam die Grundmasse bildende Calcit. Sie zeigen sich auch vereinzelt im Calcitgemenge in Form kleiner zackiger Körnchen und Rhomboederchen als Einschlüsse.

Mit den großen Magneteisenkörnern, die hier selten eine starke Umwandlung in Eisenoxyd aufweisen, sind öfters runde Chondrodit- und eckige Pyroxenkörner verwachsen.

In einem anderen Dünnschliffe fanden sich größere unregelmäßige Pyroxenkörner in Calcitgemenge, mit Ein-

schlüssen von Magnetitoktaedern und Chondroditkörnern, letztere ganz vom Pyroxen umschlossen.

Hiedurch ergibt sich folgende Ausscheidungsreihe der einzelnen Gemengteile:

1. Magnetit.
2. Chondrodit.
3. Pyroxen.
4. Karbonate.

Von den Karbonaten scheint sich zuerst der Dolomit, dann erst der Calcit gebildet zu haben.

Der zweite Teil desselben Gesteins ist ein grobkörniges Gemenge von vorherrschendem grünlichgelben Pyroxen, Diopsid mit selteneren hellgrünen Aktinolithkörnern und häufigeren Magnetitkörnern. (Taf. I, Fig. 2 bis 4.)

Die Bisilikate sind stets sehr frisch und durch ausgezeichnete Spaltbarkeit gekennzeichnet, der Magnetit ist teils in isolierten, oft zackigen Körnern verteilt oder auch mit den Bisilikaten innig, wie poikilitisch verwachsen, manchmal aber auch wie sekundär in die Spaltrisse des Aktinoliths eingedrungen.

Die Umwandlung des Magnetits in Eisenglanz ist oft deutlich wahrnehmbar, indem das blutrote Eisenoxyd von den Rändern der Magnetitkörner aus sich in die Spaltrisse aller Silikate infiltriert zeigt.

Selten ist auf Spaltrissen der Aktinolithkörner ein hellgrüner, schwach pleochroitischer Mg-Glimmer eingewachsen, der sicher eine sekundäre Bildung auf Kosten des Aktinoliths ist. Zum Teil ist auch hier schon, trotz der großen Frische des Gesteins, im Aktinolith eine faserige, asbestähnliche Umwandlung bemerkbar, während in einigen Pyroxenkörnern sich auf den Spaltrissen derselben eine Zersetzung in ein feinkörniges Aggregat grünlichgrauer Körnchen nachweisen läßt.

Weder Chondrodit noch Karbonate fanden sich in diesen silikatreichen Lagen des goldführenden Gesteins von Candonga.

Diese Lagen gleichen in ihrer mineralischen Zusammensetzung ganz einem Magnetitpyroxenit.

Die drei mit den vorigen abwechselnden Bänder des Gesteins von Candonga bestehen vorherrschend aus Magnetitkörnern, stark in der Größe wechselnd, von einem halben bis fünf und mehr Zentimeter. Neben Magnetit findet sich nur etwas Pyroxen, kein Chondrodit oder Aktinolith und auch keine Karbonate.

Solche magnetitreiche Gesteinslagen müssen nun, wie leicht verständlich, bei weitgehender Zersetzung des Gesteins an sekundärem Eisenglanz und Limonit reiche Lagen im Itabirit, dem sie konkordant eingelagert sind, geben (ähnlich der »Jacutinga«) und wurden tatsächlich anfangs nur solche im Ausgehenden von der englischen »The Candonga Gold Mining Co.« abgebaut.

Hervorgehoben muß werden, daß weder in den Originalstufen von Candonga aus den Sammlungen des Herzogs v. Leuchtenberg (M. L.), noch v. Helmreichens (W. H.), noch in den neuen Aufsammlungen M. Lisboas auch nur eine Spur von Kiesen nachgewiesen werden konnte.

Schematisches Profil der Mine Candonga,

ausgeführt von E. Hussak, nach Berichten von V. v. Helmreichen und Beobachtungen von L. Lisboa.

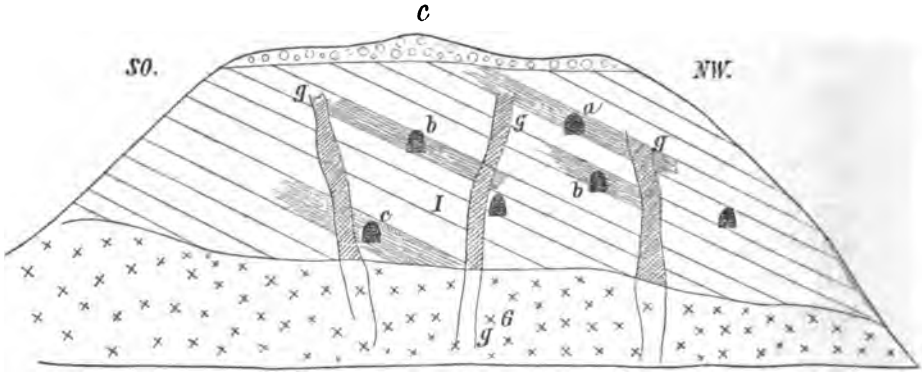


Fig. 1.

G Gneisgranit. *I* Itabirit. *C* Canga. *a* Jacutingalager. *b* goldführende Jacutinga *c* Kalksilikatlager. *g* Pegmatitgänge.

Handstücke der Kalksilikatgesteine, die Schichtung zeigend:

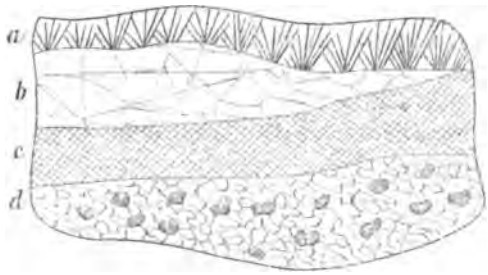


Fig. 2.

a strahliges Talkaggregat. *b* großprismatischer Aktinolith. *c* Magnetitkörner mit wenig Aktinolith. *d* vorwiegend Aktinolith mit einigen Chloritblättern und Magnetit.

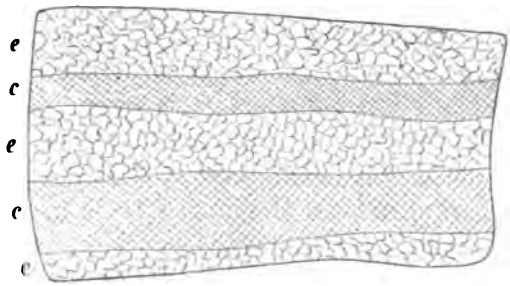


Fig. 3.

e Calcit mit gelbem Pyroxen. *c* fast reiner Magnetit.

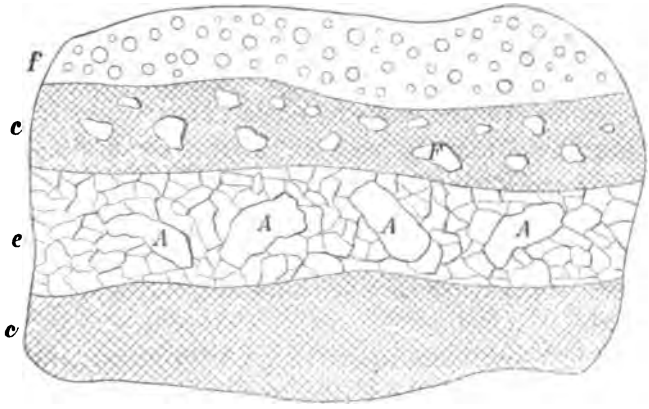


Fig. 4.

f Calcit mit Chondrodit. *c* vorwiegend Magnetit mit einzelnen Bisilicatkörnern. *e* Calcit mit Pyroxen und Aktinolith.

Mir scheint jedoch aus der Beobachtung an der alten »Catta« hervorzugehen, daß das goldführende Jakutingalager höher gelegen und nicht im unmittelbaren Kontakt mit dem Gneisgranit steht.

Zwischen beiden existiert ein mehrere Meter mächtiges, steriles Jacutingalager.

Die Arbeiten der alten Mineiros waren nur kleine und konnten kaum mehr als ein Jahr gedauert haben.

Es scheint, daß noch eine andere alte »Catta«, aber auf der entgegengesetzten Seite des Berges im Betriebe war; mir war es aber wegen Fehlens eines Weges nicht möglich, selbe zu untersuchen.

b) **Arbeiten der »The Candonga Gold Mining Cie. L.«**

Gleich nach der ersten Entdeckung der goldführenden Jakutinga ging die Mine in die Hände einer englischen Kompagnie über, die die Arbeiten im Tagbaue ganz aufgab.

Die Jacutinga hat ein:

Streichen.....30 NO.
Fallen.....35 NW.

Das Streichen der Itabiritschichten ist fast normal zur Längserstreckung der Serra und bestanden die Arbeiten der englischen Kompagnie darin, eine Reihe von Stollen in verschiedenen Horizonten von dem Bergabhange aus in die Jacutingalager abzubauen.

Alle diese Stollen sind verfallen oder zerstört, durch überfallendes Geröll die Stollen verschlossen und durch Baumwuchs überwuchert.

Die Zahl der Versuchsstollen ist eine sehr große und zumindest in drei Horizonten angelegt.

Vor den Stollenmundlöchern sieht man schon, durch die neue Vegetation gekennzeichnet, die Förderberge (Steinhalden) der Stollenbaue.

Folgende Explorationsarbeiten wurden ausgeführt:

I. Studium der Stollenausgänge und Reinigung der Stollen.

Das Studium der Stollenmundlöcher zeigte, daß es ganz unmöglich war, alle Stollen freizulegen, da die vor denselben

liegenden Halden aus festen Gesteinsblöcken bestehen, die nach Sprengung mit Pulver herausgeschleppt wurden. Ich konnte fünf solcher Stollen freilegen. Alle diese waren in der Jucutinga angelegt.

Drei davon waren große Gallerien von mehr als 2 *m* Höhe, die anderen zwei kleine Versuchsstollen.

Alle diese waren auf eine Länge von 50 bis 100 *m* hin abgebaut, manche derselben sehr gefährlich, der eingestürzten Blöcke wegen.

Keiner dieser Stollen zeigte die goldführende Jucutinga, alle schienen nur Versuch- oder Transportstollen zu sein.

In manchen derselben zeigt sich die Jacutinga geteilt durch eine schmale, zirka $5^1/_2$ Palmos breite tonige Schicht, die gleiches Streichen und Fallen wie die Jacutinga besitzt.

Alle diese Stollen befinden sich in mittlerer Höhe des Itabiritberges. (Also nicht nahe dem Granitkontakt.)

2. Studien an den Halden.

In dem am höchsten gelegenen Stollen war das geförderte taube Gestein ausschließlich Jacutinga.

Am Fuße des Berges aber, fast ganz an der Straße, fand ich eine große Halde an einem Stollenmundloch, wo ich alle Silikatgesteinsproben von Candonga sammeln konnte. Es war dies die größte Halde der Mine.

Dieser Stollen war aber nur ein Wasserlösungsstollen und im tiefsten Niveau der ganzen Mine angelegt; auch scheint, daß der ganze Stollen in festem Gestein gearbeitet war und dasselbe mit Pulver gebrochen ward.

Sehr nahe diesem Stollen finden sich schon die gneisgranitischen Gesteine und erscheint es klar, daß dieser Stollen die zerbröckliche Jacutinga nicht durchfahren hat.

Die Gesteine auf dieser Halde, die zu oberst lagen, stammten sicherlich aus den tiefsten Teilen des Stollens und gibt es keinen Zweifel, daß dieser Stollen einen goldführenden Gang durchstoßen hat.

Die hier gefundenen Gesteine waren folgende:

1. Eruptiv- oder metamorphische Gesteine mit Calcit und gelbem Pyroxen, verschiedene Grade der Zersetzung (des Metamorphismus) zeigend.

2. Itabirite oder Eisengesteine.

3. Quarzgesteine, anscheinend einem goldführenden Quarzgange entstammend.

4. Zersetzte Gesteine, anscheinend Serpentine. Diese wurden am Fuße der Halde gefunden, scheinen also mehr den der Oberfläche des Berges zuliegenden Teilen des Stollens entnommen zu sein, bevor der Stollen in das feste Gestein eindrang.

5. Granitische Gesteine in kleinen Blöcken. Es ist unzweifelhaft, daß kleine Adern oder Gänge von Pegmatit oder pegmatitischen Quarzadern die obigen Gesteine des Stollens durchbrochen haben. Unter den sub I. genannten Gesteinen finden sich sehr verschiedene Typen, alle aber zeigen Übergänge ineinander.

Die Halden des Wasserstollens, wo alle Gesteine ohne Auswahl aufgestaut wurden, wie das goldführende Gestein mit Calcit und Pyroxen neben den tauben Pyroxengesteinen, zeigen zur Gewißheit, daß diese harten Gesteine nicht zur Goldextraktion aufbereitet wurden.

Diese Meinung wurde mir auch durch Sr. Capt. Filiciano, einem alten in Candonga Ansässigen, bestätigt, der mir mitteilte, daß die Engländer nur in dem zerreiblichen, weichen Material arbeiteten und zwar in den hochgelegenen Stollen, die die Jacutinga durchfahren haben.

Aus Obigem erfolgt, daß der Morro da Candonga zusammengesetzt ist aus:

1. Gneisen und Graniten, an der Basis des Berges.

2. Jacutinga (Itabirit), fast den ganzen Berg bildend, von der Mitte bis zur Höhe.

3. In der mittleren Höhe erscheinen harte Gesteine, die Pyroxengesteine.

4. Die Höhe des Berges erscheint von Canga bedeckt zu sein. (Also keine Überlagerung durch Granit, wie v. Helmreichen angibt, konnte beobachtet werden.)

Aus diesen neuen Beobachtungen und alten Notizen über die Arbeiten der englischen Kompagnie scheint zu folgen:

1. daß die Mine Candonga einen kompakten Erzkörper enthält, der von den Engländern nicht abgebaut wurde;

2. daß derselbe leicht erreicht werden kann durch den tiefgelegenen Wasserlösungsstollen, der fast ganz offen in festem Gestein ist und innen noch erhalten ist;

3. die Auslagen einer Explorationsarbeit können keine großen sein, da der Stollen noch relativ hoch liegt und fast ganz trocken ist, so daß keine Wasserschwierigkeiten vorkommen dürften.

Keiner der untersuchten Stollen war wasserhältig und auch die Schurflöcher (Pocos) ohne Wasser.

Petropolis, 29. Dezember 1903.

M. Lisboa.

Bemerkungen zu M. Lisboas geologischen Notizen und über die von ihm gesammelten Gesteine. Von E. Hussak.

(Cf. die Figuren auf Seite 32 und 33.)

In dem Profil (Fig. 1) ist:

G der die Basis des Berges bildende, gneisartig struierte, feinkörnige Granit;

I der die ganze übrige Höhe des Berges bildende Itabirit;

C eine eisenschüssige Konglomeratdecke, die sogenannte Canga.

Im Itabirit finden sich mit gleichen Streichen eingeschaltet:

a Jacutingalager, zum Teile goldführend;

b schmale, tonige Lager von zersetztem granitischen (?) Material, und

c nahe am Kontakt, mit dem die Basis bildenden Gneisgranit, das harte goldführende Kalksilikatgestein (Kontaktkalk);

g die Itabiritschichten mit allen den sub *a* bis *c* genannten Einlagerungen werden durchsetzt von mehreren schmalen pegmatitischen Granitgängen.

Die höher gelegenen, zum Teile goldführenden Jacutingalager sind meines Erachtens in der Entstehungweise ident mit dem durch den tiefen Wasserstollen erschlossenen harten Kontaktkalk, dem Kalksilikatgestein, nur tiefgehender, mulmig zersetzt, wie dies auch sicherlich das an Eisenerzen so reiche Kontaktkalkgestein mehr an der Oberfläche war.

Die tonigen schmalen Einlagerungen aber im Itabirit stammen wohl aus der Zersetzung pegmatitischen Materials her, da selbe auch anderorts im Vereine mit gangquarzähnlichen Partien öfters gefunden werden und die reinen, nur eisenschüssigen Tonmassen als zersetzte Feldspatmassen gedeutet werden können.

Aus dem von M. Lisboa gesammelten Gesteinsmaterial geht hervor:

Von den an Bisilikaten reichen, von mir als Kontaktkalke gedeuteten Felsarten finden sich, nach Untersuchung des von M. Lisboa auf den Halden des alten Wasserstollens reichlich gesammelten Materials, alle möglichen Übergänge ineinander.

Bald sind es grobkörnige, bald feinkörnige Gesteine, bald mit deutlicher Schieferstruktur, bald körnig und besteht noch ein weiterer Wechsel darin, daß bald eines, bald das andere der fünf wesentlichen Gemengteile, wie: Magnetit, Pyroxen, Calcit, Aktinolith oder Chondrodit vorherrscht.

Bald sind es deutlich schiefrig struierte, grobkörnige Gesteine, vorwiegend aus Magnetit und gelbem Pyroxen bestehend, beide in gesonderten, zirka $^1/_2$ *cm* breiten Lagen wechselnd, bald wieder regellos körnige Varietäten aus denselben zwei Mineralien zusammengesetzt und ohne Lagenstruktur (cf. Figuren 2, 3, 4.)

Zu diesen zwei Hauptgemengteilen tritt in einzelnen Proben mehr oder minder reichlich Calcit in weißen Körnern hiezu und scheinen gerade die karbonatreichen Kalksilikatgesteine reich an Gold zu sein, wie dies aus den oben beschriebenen Mustern aus v. Helmreichens Sammlung hervorgeht und auch durch zwei Analysen solcher, wenn auch nur qualitativ, wieder bestätigt werden konnte.

Außerdem fällt es auf, daß auch auf den Halden, wo das scheinbar Taube abgesondert wurde, sich fast nur karbonatfreie Kalksilikatgesteine vorfanden, wie dies M. Lisboas Aufsammlungen zeigen.

Auch erwähnt schon v. Helmreichen, daß das harte Silikatgestein (der pyroxenreiche Kontaktkalk) der englischen

Kompagnie bei der Aufbereitung große Schwierigkeiten bereitete.

Unter den karbonatreichen Gesteinsstücken fanden sich auch solche, die, deutlich geschiefert, fast nur aus Chondrodit und Calcit bestanden.

In der Struktur zeigen sich, wie erwähnt, noch solche Unterschiede, sei es in der Korngröße, sei es durch Vorherrschen eines der Hauptgemengteile oder infolge vorhandener oder fehlender schiefriger Struktur und endlich an die an vielen Stücken verfolgbaren Umwandlungen und Mineralneubildungen, hervorgerufen durch Zersetzung der Bisilikate und des Magnetits.

So zeigen einige Proben sich als sehr dünnschiefrig und vorwiegend aus meist zu Eisenoxyd umgewandelten Magnetitkörnern und -kristallen bestehend, zwischen welchen ein asbestartiges Mineral, umgewandelter Pyroxen und Aktinolith, verteilt ist.

Diese Stücke erinnern manchmal sehr an gewisse Itabiritgesteine. In anderen Handstücken ist wieder hellgrüner, großstrahliger Aktinolith der Hauptgemengteil, abwechselnd mit fast reinen Magnetitlagen und an der Oberfläche der Aktinolith, lagen finden sich divergentstrahlige Partien von reinen, weißen Talkblättern. Zwischen den Aktinolithkörnern sind nicht selten regellos zerstreut dunkelgrüne Chloritblätter eingesprengt.

(Vergleiche die Bilder einiger Handstücke in beifolgenden Figuren.)

Von dem in Fig. 4 skizzierten, durch M. Lisboa aufgesammelten, deutlich schiefrig struierten Gestein, aus viel Magnetit, Karbonaten und etwas gelbem Pyroxen bestehend, wurden von mir zwei Teilanalysen ausgeführt, die folgendes Resultat ergaben:

A. Eine Portion des feinstgepulverten Gesteins wurde mit 20% warmer HCl mehrere Stunden lang behandelt und darin der HCl-lösliche Teil bestimmt.

Es fanden sich im Gestein 40·26% in HCl löslich.

Der lösliche Teil bestand, nachdem die Kohlensäure durch den Glühverlust bestimmt war, folgendermaßen:

SiO_2	Spur
F_2O_3	16·69%
CaO	12·01
MgO	1·66
CO_2	9·80
	40·16%

auf das ganze mit HCl behandelte Gestein berechnet (0·9307 *g*).

Angenommen, daß das ganze Eisen als Magnetit vorhanden ist und abgesehen von der Spur gelösten Silikats (CaMg-Silikat) das ganze CaO und MgO als Karbonat da ist, so berechnet sich der in HCl-lösliche Teil folgendermaßen:

Fe_3O_4	16·13%
$CaCO_3$	21·50
$MgCO_3$	3·49

Wie groß der Wechsel im mineralischen Bestand dieser Kalksilikatgesteine ist, erhellt nun daraus, daß eine zweite Analyse desselbe Magnetit-Pyroxen-Calcitgesteins (Bauschanalyse) ganz verschiedene Zusammensetzung zeigte.

Von diesem wurden 0·6785 *g* mit (K,Na) $2CO_3$ vor dem Gebläse geschmolzen, in verdünnter HCl gelöst, wobei sich ein großer Teil schwarzen Pulvers als unaufschließbar erwies, selbst nach mehrmaligem Schmelzen und abfiltriert wurde, um dann mit Kalibisulphat geschmolzen zu werden.

Der unlösliche Teil erwies sich hiebei als reines Titaneisen und betrug 23·24%.

Der aufgeschlossene Teil des Gesteins bestand aus:

SiO_2	10·82%
Fe_2O_3	35·27
CaO	16·74
MgO	5·33
Ilmenit	23·24
Glühverlust	8·39
	99·79%

Hiedurch ist erwiesen, daß ein großer Teil des im Gestein enthaltenen Eisenerzes Titaneisen ist und sowohl ein Teil des

dem makro- und mikroskopischen Befunde nach allgemein als Eisenoxyd gedeutete Mineral als Ilmenit zu erklären ist.

Weiters geht aus der Analyse des HCl-löslichen Teiles gewiß hervor, daß neben vorwaltendem Calcit auch Magnesiumkarbonat vorhanden ist.

Auch zeigt die obige Analyse, daß der Wechsel im mineralischen Bestand ein zu großer ist, um etwa diese Gesteine als Eruptivgesteine zu deuten, was auch insoferne ausgeschlossen erscheint, da die Karbonate in einer Weise auftreten, daß sie als ursprüngliche Gemengteile angesehen werden müssen.

Die Gemengteile dieser Kalksilikatgesteine (Kontaktkalke) sind:

A. Hauptgemengteile:

1. Gelber bis grünlichgelber, thonerdefreier Pyroxen der Diopsidgruppe.

2. Hellgrüner Aktinolith in meist prismatisch verlängerten Körnern.

3. Dunkelgelber Chondrodit in runden Körnern und in abgeschmolzenen Kristallen.

4. Calcit, häufig, in großen Körnern.

5. Dolomit, sehr selten, in kleineren Körnern.

6. Magnetit, sehr häufig, in bis 0·5 *cm* großen Körnern, selten in Oktaedern.

7. Ilmenit, in großen Körnern.

B. Akzessorische Gemengteile:

8. Als solcher fand sich nur selten der Apatit.

C. Umwandlungsprodukte der Hauptgemengteile:

9. Asbest, aus Aktinolith entstanden.

10. Talk, großblättriger, aus Aktinolith entstanden.

11. Chlorit, in ziemlich großen Blättern.

12. Hämatit, aus Magnetit entstanden.

13. Limonit, » » »

14. Pyrolusit.

15. Ist schließlich das Gold zu nennen, das einesteils als ein hochkaratiges Gold in Körnern, andernteils als hellkupferrötliches Palladiumgold in dünnen zackigen Blättchen erscheint

und meines Erachtens gleichzeitiger Bildung mit den Bisilikaten zur Zeit der Umwandlung der dem Itabirit eingeschalteten Kalklager, die durch Granitgänge metamorphisiert wurden.

Vorherrschend scheint das Gold in den noch karbonatreichen Gesteinslagen angereichert zu sein und wahrscheinlich am meisten in der Nähe des Kontakts mit dem Granit.

Der Granit, der die Basis des Itabiritberges »Morro da Candonga«, bildet, ist ein sehr feinkörniger Biotitgranit, der aus Quarz, fleischroten Mikroklinperthitkörnern und schwarzen Biotitblättchen besteht und als akzessorische Gemengteile wenige Zirkonprismen, häufiger aber winzige dünntafelige Monazitkriställchen führt und öfters deutlich eine gneisartige Struktur aufweist.

Die dünnen tonigen Einlagerungen in der Jacutinga des Itabirits, die M. Lisboa sammelte, erwiesen sich als ganz reine Kaoline, nur durch Eisenhydroxyd bald hellbraun, bald braunrot gefärbt. Beim Verwaschen derselben mit der Batea hinterblieben nur viele Eisenerze, vorwiegend Eisenglanz, weniger Magnetit und sehr selten Quarzkörner, keine irgendwie für Granit und Gneis charakteristische Gemengteile, wie Zirkon, Monazit oder Xenotim fanden sich. Dies tonige Lager kann aber nur von der Zersetzung der den Itabirit durchsetzenden pegmatitischen Gänge herrühren, in welchen der vorwaltende Feldspat es lieferte. An eine sekundäre Einwanderung des Tones ist kaum zu denken.

Die Itabirite (resp. Jacutinga) zeigen von denen anderer altbekannter Fundorte keine Unterschiede, sind vorherrschend aus Quarz und Eisenglanz, bald großkörnig, bald feinkörnig und schiefrig, aber immer reich an meist zu Martit umgewandelten Magnetit.

Über die Genesis des goldführenden Lagers von Candonga:

Aus den petrographischen Untersuchungen der Gesteine des im Itabirit eingelagerten goldführenden Gesteins von Candonga glaube ich folgende Schlüsse ziehen zu können:

1. Daß dasselbe eruptiven Ursprungs nicht sein kann (etwa ein Pyroxenit, Alnoeit oder Websterit), da Karbonate in einer Weise an der Zusammensetzung des Gesteins teilnehmen, die auf eine gleichmäßige respektive gleichzeitige Entstehung derselben mit den Silikaten schließen lassen.

2. Aus der mikroskopischen Untersuchung der Gesteine geht, im Vergleiche mit anderen wohlbekannten ähnlichen Gesteinen, zur (ich möchte sagen) Gewißheit hervor, daß dies Gestein ein durch Kontaktmetamorphismus veränderter Kalkstein ist, ein Kalksilikatgestein.

Schon das Vorkommen des fluorhaltigen Chondrodits, eines typischen Kontaktminerals und die Art des Auftretens der Karbonate in Verbindung mit den Silikaten läßt von vornherein diesen Schluß zu. Das den Kontakt hervorrufende Gestein ist nun auch in Candonga sicher nachzuweisen, indem schon v. Helmreichen, wie auch M. Lisboa bestätigen konnte, angibt, daß der Itabirit mit samt dem konkordant demselben eingelagerten goldführenden Lager von einer Reihe von granitischen (pegmatitischen) Gängen durchbrochen sind.

Tatsächlich finden sich an vielen Orten in den enormen Itabiritlagern von Minas Geraes, hauptsächlich in dem von Norden nach Süden streichenden Gebirge von Laffayette über Ouro preto hin gegen Serro da Conceicao einerseits und anderseits über Itabira do Matto Dentro gegen Candonga und Guanhaes hin, in den Itabiriten häufig ganz schmale Kalksteinlager konkordant denselben eingelagert, die auch nicht selten reich an Silikaten, wie Aktinolith, Granaten (Spessartin u. a.), Magnetit (Martit) etc. sind.

Ja, ich möchte daraufhin noch weiter gehen und die Hypothese dahin weiter ausdehnen, daß die ganzen Jacutingalager der Itabirite, die ja vorherrschend aus mulmigen Eisenerzen, aber oft charakteristischerweise mit Talk, asbestartigen Mineralien, hauptsächlich aber aus Eisenglanz (sekundär?) und Martit vermengt, bestehen, Derivate solcher zersetzter,

im Kontaktmetamorphismus veränderter Kalksteinbänke (Fe.-Mg.-Ca.-Karbonate sind.

Sowohl in der Jacutinga allerorts, wie in dem goldführenden Gestein von Candonga ist bemerkenswert:

1. Das unregelmäßige, oft enorm reiche Vorkommen (in »bunches«) des Goldes (wie ein solches mit den Kontakterscheinungen in Einklang zu bringen ist oder ob dieser Reichtum nur auf die nächste Umgebung des den Kontakt hervorgerufenen Granits beschränkt ist, ist, da die Arbeiten in dieser Mine auf keine größere Tiefe ausgeführt wurden, noch sehr ungewiß).

2. Das vollständige Fehlen der Sulfide in beiden genannten goldführenden Lagern (Nestern).

3. Das Gold von Candonga ist, wie das aller Jacutingalager, reich an Palladium.

Jedenfalls erscheint mir aus den obigen Studien hervorzugehen, daß das Goldvorkommen in Candonga ein kontaktmetamorphes ist und möglicherweise ein Licht auf die Genesis der Jacutingalager der Itabirite Brasiliens wirft.

Ähnliche »Contaktmetamorphic ore deposits« wurden erst kürzlich eingehend von: Lindgren[1], Weed[2] und Beck[3] beschrieben.

Am meisten stimmt das Vorkommen von Candonga mit dem von Schwarzenberg in Sachsen (Beck l. c.) überein, nur daß in Candonga keine kiesigen blendeführenden Bleierze vorkommen, ja überhaupt gar keine Kiese sichtbar sind, obwohl es nicht ausgeschlossen ist, daß z. B. Magnetkies oder Pyrit vorhanden war, die vollständig in Limonit oder Hämatit umgewandelt wurden.

Auffallend ist das vollständige Fehlen der Kiese in der Jacutinga der Itabirite ja auch.

---

[1] Lindgren, Metasomatic processes in fissureveins, in »Genesis of ore deposits«, 1901, p. 498.

[2] Weed, Ore deposits near igneous rocks, in »Trans. Amer. Inst. of Min. Ing. New Haven Meeting«, Oktober 1902.

[3] Beck, Lehre von den Erzlagerstätten, 2. Auflage, 1903, p. 444, »Typ. Schwarzenberg«.

Weed gibt an, daß solche kontaktmetamorphe Erzlager »verry bunchy« sind und »cease in depth«, wie in Candonga und den Jacutingalagern und Nestern (cf. Gongo Socco).

Genannter Forscher ist aber der Ansicht, daß »there is no reason now known for the impoverishment of contact-metamorphic-Deposits in depth.«

Tatsächlich wurden auch in Candonga dreimal solche goldreiche »bunches« angefahren und wieder verloren, darauf hin auch die Arbeiten von der Kompagnie aufgegeben, ohne die Arbeiten in der Tiefe fortzuführen.

Palladiumgold von Itabira do Matto Dentro.

Eine andere Lokalität, von welcher schon lange das Vorkommen eines unreinen Goldes bekannt war, ist die Goldmine von Itabira do Matto Dentro, nördlich von St. Barbara und Ouro-preto, im Staate Minas Geraes gelegen.

Schon V. de Couto gab an, daß das Gold (zu der Zeit wohl nur das Waschgold) reich an Platin wäre und von silberweißer bis rötlichgelber Farbe sei. Damals war das Palladium und Pd-Au noch nicht bekannt.

Quantitative Analysen dieses Goldes existieren vorderhand noch nicht, nur P. Claussen[1] gibt an, daß der Palladiumgehalt des Goldes von Itabira 40 bis 50% beträgt. (?)

Das Gold kommt auch hier wie in Gongo-Socco in der dem Itabirit eingelagerten Jacutinga vor, deren Mächtigkeit nach Angaben Henwoods (l. c.) meist nur drei und nie über acht englische Fuß beträgt, mit einem Streichen von SO—NW und Fallen nach NO, 45% (nach K. Scotts[2] jüngsten Angaben ist dasselbe am Ausgehenden von NO—SW, mit Fallen nach SO, 30%).

Dieses Jacutingalager ist zwischen quarzreichem Eisenglimmerschiefer und einer enormen massigen Itabiritschicht eingelagert und wurde 1868 bis 1874 von der englischen »General Brazilian Mining-Association« bis auf eine Tiefe von 40 Faden abgebaut.

---

[1] Bullet. de l'Acad. Roy. d. Science, Bruxelles, Vol. 8, I. 327.

[2] Transact. Amer. Inst. Min. Eng., New-York Meeting, Febr. 1902.

Die Kompagnie liquidierte wegen Mißerfolges und der frühere Besitzer übernahm die Arbeiten aufs neue. In vier Monaten Arbeit förderte er 20.626 Oitavas (à 3·5 *g*) Gold im Werte von 6000 L. St. — Nach Fr. de P. Oliveiras[1] Angaben: 1875 bis 1879 total: 37.000 Oitavas Gold, mußte aber wegen Einsturzes in der Mine 1880 die Arbeiten wieder aufgeben.

Innerhalb der letzten drei Jahre wurden von einem ausländischen Syndikate neuerdings Arbeiten daselbst ausgeführt, um die alten Jacutingalager wieder aufzufinden, mußte aber auch die Arbeit wegen Wassereindrangs und anderer Schwierigkeiten aufgeben.

Wie schon St. Hilaire in seinem berühmten Reisewerke angab, war das Gold von Itabira do Matto Dentro, in den höheren Schichten ausgewaschen, von großer Feinheit, 23·3 Karat, wurde aber beim Arbeiten in die Tiefe hin von dunkler brauner Farbe, erschien aber dafür reichlicher.

Dank der Fürsorge meines Freundes, Bergingenieurs Fr. Nägele, der in den letzten Jahren die Arbeiten an genannter Mine leitete, ward es mir möglich, eine größere Menge des daselbst ausgewaschenen Palladiumgoldes zu erwerben (60 Oitavas).

Jetzt noch wird daselbst auf den alten Stollenmundlöchern, aus welchen kleine Bäche fließen, von alten Negerweibern auf höchst primitive Weise Gold mit der »batea« ausgewaschen.

Schon bei oberflächlicher Beobachtung dieser Goldschliche fällt sofort die enorm verschiedene Farbe der ziemlich großen, 2 bis 6 *mm*, Goldkörner und -blättchen auf, die soweit geht, daß es verständlich wird, daß ein Teil solcher früher für Silber und Platin gehalten wurde.

Es gelang mir, aus diesen Goldsanden, den Farbennuancen nach, fünf verschiedene Sorten mit der Lupe auszusondern:

1. hochkaratiges, dunkelgoldgelbes Gold,
2. silberreiches, hellgoldgelbes Gold,
3. Palladiumgold von hellkupferroter Farbe,
4. dunkelbraunes, palladiumreiches Gold und
5. ein fast silberweißes, palladiumreiches Gold.

---

[1] Revista Industrial de Minas Geraes. Ouro-preto, 1893 ,Nr. 2.

Erst auszuführende chemisch-quantitative Analysen werden ergeben, ob im Verhältnisse Pd : Au irgendeine Gesetzmäßigkeit existiert, obwohl ich schon jetzt der Ansicht zuneige, daß dies nicht der Fall ist, sondern beide Edelmetalle, ganz wie Ag mit Au, in schwankendem Verhältnis in der Natur legiert vorkommen. Hervorzuheben ist, daß das Palladiumgold von dunkelbrauner Farbe meist nur in größeren, vieleckigen, zackigen Körnern und oft flächenreichen Kristallgruppen vorkommt, während das häufiger erscheinende silberweiße und hellkupferrötliche PdAu fast durchwegs in dünnplattigen, eisblumenartigen Kristallskeletten und das hochkaratige Gold sich in stärkeren Körnern und Kristallen findet.

Eine kleine Goldprobe von derselben Mine, Originalaufsammlung V. v. Helmreichens, die ich dem k. k. naturhistorischen Hofmuseum in Wien verdanke, stimmt vollständig mit dem von mir angekauften Golde überein. Letzteres wurde aber nicht direkt aus dem Gestein der Jacutinga selbst gewonnen, sondern, wie erwähnt, aus Bachsanden, die direkt aus alten Stollen stammen, ausgewaschen; nichtsdestoweniger ist eine Vermengung mit anderen Gesteinsschlichen ausgeschlossen, da der ganze Berg aus Itabirit besteht und ja auch in Gongo-Socco aus dem Gestein (Jacutinga) selbst neben hochkaratigem Golde palladiumreiches gewonnen wurde.

Sehr oft zeigt sich das Gold noch innig mit dem festen glimmerigen Eisenglanz verwachsen, Magnetit ist selten in den Sanden. Als akzessorische Gemengteile fanden sich:

Apatit in farblosen Prismen, ziemlich selten,

grüne Pyroxenkörner, zum Teil mit Eisenglanz verwachsen, nicht selten.

Auffallend scheint das mehrfach beobachtete Vorkommen von Cassiterit, der in winzigen Kriställchen und Bruchstücken solcher (bis zu 2 *mm* groß), besonders in den feinen Sanden nicht selten erscheint.

Rutilnadeln sind wie Turmalinsäulchen nicht selten.

Im ganzen sind jedoch alle genannten Minerale, abgesehen vom Eisenglanz, nicht sehr häufig, da ja beim Konzentrieren der schweren eisenglanzreichen Sande auf Gold (mit batea) viel von diesen verloren ging.

Das Palladiumgold ist von konzentrierter Salpetersäure kaum angreifbar, nur die an Palladium reichen Körner sichtbar, etwas, erst schwaches Königswasser löst selbe sehr leicht.

Unter den silberweißen Körnern, die aus dem Goldsande ausgelesen wurden, fanden sich auch einige Körner, die sich nach Behandlung mit Königswasser (und nachherigem Abdampfen der Salpetersäure, Aufnahme mit HCl und Beifügung einer Spur KCl oder Chlorammon) als unzweifelhafte Platinkörner erwiesen, was die schon von Lampadius gemachte Beobachtung bestärkt und auch Aufklärung über den geringen Platingehalt des Gongo-Soccogoldes gibt.

Andere kaum von diesen Körnern unterscheidbare Körner ergaben wieder nach qualitativer Probe eine leichtere Angreifbarkeit durch Salpetersäure und eine ausnahmsweise starke Palladiumreaktion. Trotzdem glaube ich aber nicht, daß hier gediegen Pd vorliegt, sondern nur ein sehr palladiumreiches Gold.

Erst eingehende chemisch-quantitative Analysen werden hierüber endgiltig Aufschluß geben.

Öfters zeigen sich die silberweißen und kupferrötlichen PdAu-Körner mit dem hochkaratigen Golde, auch in Kristallen, aufs innigste verwachsen.

Ebenso fanden sich auch alle verschiedenfarbigen Goldsorten in dem Eisenglanz, d. i. der Jacutinga eingewachsen.

Nach dem Lösen der PdAu-Körner und -Kriställchen in Königswasser verbleibt nicht selten ein unlöslicher Rückstand aus winzigen schwarzen, halbmetallisch glänzenden, unregelmäßigen Körnchen bestehend, wie sich solche auch unter dem Mikroskop öfters von den meist in skelettförmigen PdAu-Blättchen umhüllt zeigen, zurück und glaube ich, daß diese OsIr oder ein in Säuren ganz unlösliches Titanat sind. — Eine nähere Prüfung dieser ist gleichfalls noch vorzunehmen.

Auch in fester Jacutinga eingewachsene Goldproben standen mir, dank der Freundlichkeit des Herrn Ingenieurs Nägeli, von dieser Fundstelle zur Verfügung, wie ich auch ähnliche, von der Mine Gongo-Socco stammend, aus der königl bayerischen Staatssammlung, im Tausch erworben, Herrn Prof. Groth verdanke.

Turmalinprismen, Talk- und Glimmerblättchen, Rutilnädelchen, erdiger Braunstein wie auch seltene kleine Nester eines steinmarkähnlichen Minerals, das sich aber als ein teilweise dichtes Talkaggregat erwies, sind in diesen Goldstufen schon makroskopisch mit der Lupe zu beobachten.

Außer den schon erwähnten Analysen von Palladiumgold von Gongo-Socco und Arrayasin Goyaz ist in der Literatur nur noch eine von Seamon 1882 bekannt geworden, die an Waschgold, sogenanntem »ouro preto« (schwarzes Gold) von Taquaril (nicht Taguaril) bei Sabara (nicht Subara) im Staate Minas ausgeführt wurde und auch in Danas »Syst. of Mineralogy«, 15, zitiert ist.

Dieses Palladiumgold, das sicherlich ebenfalls aus Itabiriten stammt, hatte folgende Zusammensetzung:

Au	91·06%
Pd.....	8·21
Ag	Spur
Fe.....	Spur
	99·27%

Diese Goldprobe wurde seinerzeit von Mister O. A. Derby an Mister Seamon gesandt und stammte wohl aus Flußsanden der Umgebung Sabaras.

In der Literatur bekannt und durch Analysen festgestellt ist demnach das Vorkommen von Palladiumgold von folgenden brasilianischen Goldminen und Seifenlagern:

1. Arrayas, Goyaz (Waschgold).
2. Gongo-Socco, Minas.
3. Itabira do Matto-Dentro, Minas.

   Von den drei letztgenannten Orten stammt es sicher aus den goldführenden Nestern und Lagern der sogenannten »Jacutinga« des Itabirits.

4. Taquaril bei Sabara, Minas.

5. Candonga, Minas, hier im Kontaktpyroxengestein eingewachsen, das ein Lager im Itabirit bildet.

Außer diesen bekannten Vorkommen können noch folgende hier erwähnt werden:

6. Maquine bei Villa Marianna, nahe Ouro preto, von welchem mir gleichfalls an Palladium reiche Goldproben, in Jacutinga eingewachsen, zur Verfügung standen. Auch hier ist das PdAu im Itabirit. Diese Mine wird auch allgemein als »St. Anna« bezeichnet und erwähnt schon Henwood, daß das Gold derselben palladiumhaltig ist, was ich wieder bestätigen konnte.

Die Jacutinga besteht auch hier aus einem sehr harten, fein kristallinisch-blättrigen Aggregat von Eisenglanzblättchen, in dem vereinzelt unregelmäßige Flecken eines durch Limonit gelbbraun gefärbten, dichten glimmerähnlichen Talkaggregats eingewachsen erscheinen. Turmalin konnte an dem spärlichen Material nicht beobachtet werden, das Gold hat auch hier eine oft stark kupferrötliche, oft schmutzig bräunlichgelbe Farbe; neben diesem kommt auch ein reines Gold, beide in zackigen Körnern und blättrigen Formen, vor.

Es erscheint demnach als höchst wahrscheinlich, daß das Palladiumgold nur in der Itabiritformation vorkommt und auf die demselben konkordant eingeschalteten Jacutingaschnüre respektive den Kontaktkalklagern (Candonga) beschränkt ist.

Demnach dürfte sicherlich Palladiumgold auch in anderen Goldminen des Staates Minas Geraes und Goyaz, deren Arbeiten in Itabiriten stattfinden, nachzuweisen sein, wie z. B.:

die alten Minen von Aqua quente, Boa Vista, Brucutu, Cocaes, Corrego S. Miguel, Morro das Almas, Pitangui, bei St. Barbara und nördlich von Ouro preto. Ferners Capanema bei Antonio Pereira, Serra da Mina bei Serro und viele andere in der nächsten Umgebung von Ouro-preto.

Schließlich ist noch das Vorkommen des Palladiumgoldes in den Seifenlagern (Flußsanden, Cascalhos) der Staaten Minas und Goyaz zu erwähnen, in denen es vermengt mit silberreichem und hochkaratigem Golde ist und sicherlich auch aus der in der Region der Flüsse stets nachweisbaren Itabiritformation stammt.

So findet es sich in den Flußsanden des Rio das Velhas, Rio do Carmo, bei Ouro-preto, im Rio Picao bei Morro do Pilar, Corrego das Lagens bei Conceicao und bei Serro, hier mit Platin vereint. Auch die Flüsse St. Antonio, Peixe, Guanhaes, Piracicaba u. a. sind sicherlich reich an Palladiumgold.

Resumé.

1. Das Vorkommen von Palladium als Palladiumgold scheint, wie überhaupt das eigenartige Vorkommen des Goldes in den Itabiriten, respektive der denselben konkordant eingelagerten Jacutinga, nur auf Brasilien beschränkt zu sein.

Erst jüngst kamen Nachrichlen über Vorkommen von Palladium im Golde russischer Goldseifen.

2. Das Vorkommen von gediegen Palladium mit Platin in Sanden des Corrego das Lagens bei Conceicao bedarf noch einer Bestätigung, wahrscheinlich war auch dies nur ein silberweißes, palladiumreiches Gold.

3. Das Palladiumgold der Jacutinga ist mit Gold sehr wahrscheinlich in sehr verschiedenem Verhältnisse natürlich legiert, am reichsten scheint das Gold von Itabira do Matto Dentro an Pd zu sein.

4. Das Goldvorkommen in dem pyroxenitähnlichen Kontaktkalke von Candonga scheint mir die Bildung der stellenweise so überaus goldreichen Jacutinga des Itabirits erklären zu können (cf. unter Candonga).

5. Mit dem Palladiumgold kommt auch gediegen Platin vor, nicht nur in sekundären alluvialen Depots (Seifenlagern), sondern auch im Gestein selbst, wie in Gongo-Socco und Itabira do Matto-Dentro.

6. Das Palladiumgold zeigt sich oft mit hochkaratigem Golde innig verwachsen in Eisenglanzaggregaten; von besonderem Interesse ist das Vorkommen von Turmalin und Cassiterit in der Jacutinga, die auf eine pneumatolitische Einwanderung in die Jacutingalager durch granitische Durchbrüche schließen lassen.

7. Als charakteristisch für das Goldvorkommen in der Jacutinga des brasilianischen Itabirits ist zu nennen, daß in allen Minen sich das Gold nur in vereinzelten Nestern oder

dünnen Lagen, dann aber oft enorm reich an Gold, wie auch bei Candonga, im Kontaktkalk, zeigt und diese Jacutingalager nur eine sehr geringe Mächtigkeit zeigen, also der Abbau in Betreff des Goldgehaltes kein regelmäßiger sein kann, wie etwa in kiesigen goldführenden Quarzgängen. Sie wurden auch bisher nur bis auf ganz geringe Tiefe (70 Faden) abgebaut, wo sie schon zu goldarm wurden oder Wassereindrang in die Gruben der Arbeit ein Ziel setzte. Es erinnert dies an gewisse andere, sogenannte kontaktmetamorphische Goldlagerstätten.

II. Platinum.

Literatur.

1801. 1. Jose Vieira do Couto: Memoria sobre as Minas da Capitania Minas Geraes. escr. 1801, publ. 1842 in Rio de Janeiro, p. 12 bis 15 und 122.

1805. 2. W. H. Wollaston: On the discovery of palladium, with observations on other substances with platina Phil. Transact. London, *95*, 316.

1809. 3. W. H. Wollaston: On platina and native palladium from Brazil. Ebenda, *99*, 189.

1811. 4. A. F. Gehlen: Platin und Palladium in Brasilien und St. Domingo gefunden. Schweiggers Journ. f. Chemie, *1*, 362.

1812. 5. J. Mawe: Travels in the interior of Brazil. London, 1812, p. 137 und 209.

1818. 6. J. Mawe: Nachricht von dem Vorkommen edler Metalle in Brasilien. Gilberts Ann. d. Physik, *59*, 168.

1825. 7. A. v. Humboldt: Vorkommen der Platina und des Palladiums in Brasilien. Schweiggers Journ. f. Chemie, *45*, 54.

1826. 8. A. v. Humboldt: Über die Provinz Antioquia und die neu entdeckte Lagerstätte der Platina auf Gängen. Pogg. Ann. d. Physik, *7*, 515.

1832. 9. v. Eschwege: Beiträge zur Gebirgskunde von Brasilien. Berlin, D. Reimer, p. 246 (und nach v. Spix und Martius Reisewerk, p. 324).

1833. 10. v. Eschwege: Pluto Brasiliensis. Berlin, D. Reimer, p. 457.

1833. 11. W. A. Lampadius und G. P. Plattner: Über das gemeinschaftliche Vorkommen des Platinerzes und des gediegen Silbergoldes in einem Gangfossile aus Brasilien. Journ. f. techn. u. ökonom. Chemie, *18*, 353.

1834. 12. L. F. Svanberg: Bidrag till naermaere Kaennedom of kemiske sammansaettningen af de Amerikanska platinmalmerna. Berzelius, Jahresber. ü. d. Fortschr. d. Chemie u. Mineralogie, *15* (1836), 205.

1842. 13. L. F. Svanberg: Om naogra mineralier samt om platinamalmens sammansaettning. Foerhandl. Skandin. Naturforskare, *3*, 505 und Berzelius, Jahresber., *23*, 273.
1843. 14. G. Leonhard: Handwörterbuch d. topographischen Mineralogie. 1843, Heidelberg, 419.
1847. 15. V. v. Helmreichen: Reisebericht in Haidingers Ber. u. Mitt. v. Freund. d. Naturw., Wien, 1847, 2. Heft, Juli, p. 149.
1866. 16. E. Williamson: Geology of Parahyba do Norte and Pernambuco Gold-Regions. Proceed. Manchester Geol. Soc. Vol. *6*, pt. 7, 113 (cit. in Harrts Geology of Brazil, 1870, p. 448).
1869. 17. R. F. Burton: Explor. of the Highlands of the Brazil. London, Vol. 1, 164 u. Vol. 2, 296.
1870. 18. W. J. Henwood, Observat. on Metalliferous Deposits... London, Vol. I, p. 86, 335 bis 340.
1870. 19. Ch. Fr. Hartt: Geology and Physical Geography of Brazil. (Scientif. Results of a Journey in Brazil, by L. Agassiz. London, Trübner. 1870, p. 448 u. 542.
1879. 20. J. Domeyko: Elementos de Mineralogia. Chile 3A, p. 442.
1902. 21. J. C. Sena: Descoberta de platina perto Conceicao. Minas. Brazilian Mining Review, Rio de Janeiro, 1902, 4.
1902. 22. J. F. Kemp: Geolog. Relat. and Distribut. of Platina and assoc Minerals. Bullet. U. S. Geolog. Surv. Nr. 193, p. 31 u. 60.

Historisches.

Das Vorkommen von gediegen Platin in einigen goldführenden Seifenlagern Brasiliens ist schon seit mehr als 100 Jahren bekannt, da J. V. Couto schon 1801 in seinen Memorias das Vorkommen von Platin in Sanden des Corrego das Lagens bei Conceicao, Municip Serro und Rio Abaete (Nova Lorena Diamantina) erwähnt. Allerdings wurde damals auch so manches helle Palladiumgold für Platin angesehen, da man damals das Metall Palladium noch nicht kannte.

Erst 1805 und ausführlicher 1809 gibt Wollaston eine eingehendere Beschreibung des brasilianischen Platins, indem er hervorhebt, daß in den Sanden zahlreiche stark gerollte mikroskopische Zirkonkriställchen sich finden und die eigentümliche Struktur der Platinkörner, die ganz und gar sich nicht als abgerollt zeigten, ausdrücklich hervorhob.

Wollaston schreibt: »The general aspect of his specimen is so different from the common ore of platina, that I could form no conjecture of what ingredients it might be found

to consist. Its appearence was such indeed, as at first sight to induce a suspicion of its not being in a naturale state, for it had very much the spongy form, which is given to platina from imperfect attempts to render it malleable by means of arsenic.

One circumstance, howewer, occasions a presumption, that no art has been employed in giving the grains their present appearence, as upon close inspection many small particles of gold are discernible, but there is none of the magnetic iron-sand, with which the Peruvian ore abounds, nor any of the small hyacinths, which I have formerly noticed as accompanying that mineral.

It is very well known, that the common ore of platina in general consists of flattened grains, that appear so much worn at their surface, as to be in a considerable degree polished, and the roughness observable in some of the larger grains arises from concave indentations of a reddish brown or black colour.

The Brazilian Platina, on the contrary, has no polish, and does not appear worn, but most of the grains seem to be small fragments of a spongy substance, and even those which are yet entire and rounded on all sides, present a sort of the former, as their surface consists of small spherical protuberances closely coherent to each other, with the interstices extremly clean, and free from any degree of tarnish.«

Diese überaus zutreffende Beschreibung des brasilianischen Platins von Wollaston stimmt, wie weiters gezeigt werden wird, vollkommen mit dem Vorkommen vom Corrego das Lagens und Serro überein. Schon hier möge bemerkt werden, daß ein ähnliches Platinvorkommen noch nicht bekannt ist.

Wollaston fand in diesem Platin kein Iridium, die Anwesenheit von Palladium blieb zweifelhaft, nur eine Spur Gold wurde nachgewiesen.

Der erste, der genaue Angaben über dieses brasilianische Platinvorkommen nach Studien am Fundorte selbst gab, war 1812 der Reisende Mawe — er fand dasselbe in den Flußsanden des Corrego das Lagens (»Largos«), zwischen Itambedo Matto-Dentro und Conceicao, Municip d. Serro »Minas Geraes«.

Er schreibt: »This place, apparently so insignificant, proved one of the most interesting, in a mineralogical point of view, which I had hitherto visited.

It is called Largos and also bears the name of Oro Branco (White Gold) in allusion to a granular substance, not unlike gold in size and weight, found in a gold-washing in the bed of the stream. This substance, which has since been proved to be platina, was discovered many years ago in the cascalhao below the vegetable earth and incumbent of the solid rock, accompanied with gold and black oxide of iron.

From these circumstances the people judged it to be gold united with some other metall, from which it could not be separated and, as the quantity of real gold found was small, and the withe gold, as the called it, was not known to be of value, the work was gradually abandoned.

I procured a specimen of the substance: it appeared accompanied with Osmium and Iridium, and was in rougher grains than the platina brought from the province Choco, which latter circumstance may be owing to its not having been triturated with mercury. Now that the substance is known to be platina, it is doubtful wheter the work might be resumed with advantage, as the demand for that article is at present so small, that the quantity sold would hardly pay expenses.

Near this place is a work, called »Matta dos Cavallos«.

In einer beigefügten Routenskizze gibt Mawe den Fundort genau an und wurde erst kürzlich daselbst das Pt wieder aufgefunden.

A. v. Humboldt hebt hervor, daß die beiden Geologen und Reisenden v. Eschwege und Pohl der Ansicht hinneigen, »daß das Gold, der Eisenglimmerschiefer, die Diamanten, die Euklase (und Topase), das Platin und Palladium, welche dem angeschwemmten Erdreiche Brasiliens eigentümlich sind, von der Zerstörung der großen chlorithaltigen Quarzformation (dem Itacolumit) oder einer eisenschüssigen Schicht (dem Itabirit) abzuleiten seien, welche von den Alluvionen bedeckt sind.«

Die Gelehrten v. Spix und v. Martius passierten auf dem Wege von Sabara nach Diamantina, über Conceicao gehend,

die Seifenlagerstätten des Platins im Corrego das Lagens und des Corrego de »Ouro branco«, bemerken aber, daß schon südlicher davon, vor Itambe do Matto-Dentro, nach dem Passieren des Flusses »duas pontes« in einem Bache, der einem Lager von Eisenglimmer (Itabirit) entspringt, Platinkörner in den Flußsanden enthalten sein sollen. v. Eschwege bemerkt hierzu in seinen »Beiträgen zur Gebirgskunde Brasiliens«: »Von hier (Itambe) an bis zum Arrayal da Conceicao sind viele Bäche sowie auch Grupiaras, welche Platin enthalten; das spezifische Gewicht desselben ist 15.«

Nach Untersuchungen Prof. Döbereiners bestehen diese Proben fast ganz aus Platin, mit Eisen verbunden.

Mawe sagt, daß dieses Platin vom Corrego das Lagens viel rauher an der Oberfläche sei als das von Choco (Columbien) und daß Osmium und Iridium als Begleiter desselben vorkämen, was jedoch Prof. Döbereiner nicht bestätigen konnte.

v. Spix und v. Martius bemerken in betreff des Platins vom Corrego das Lagens noch, daß »dasselbe in teils runden, teils abgeplatteten Geschieben vorkommt, welche sich vor den im Rio Abaete vorkommenden durch Größe auszeichnen, jedoch auch nie in über zwei Quentchen schweren Körnern gefunden werden. Auch in dem benachbarten Bache »Ouro branco« will man das Metall bemerkt haben, dessen Erscheinung in der Nähe von Eisenformation eine besondere Berücksichtigung verdient.«

v. Eschwege teilt im Anschluß hiezu mit, daß sich auch auf den Berghöhen der Serra da Lapa über dem Arrayal (heute Stadt) da Conceicao unter der Dammerde allenthalben Gold mit eckigen Quarzstücken und etwas Platin findet.

Diese genannten Fundorte des Platins konnte ich in Gemeinschaft meines Freundes M. Lisboa in diesem Jahre selbst besuchen und werden im folgenden ausführlichere Berichte gegeben werden.

Über das Vorkommen von Platin im Rio Abaete, Minas, das, wie erwähnt, schon J. V. Couto bekannt war, gibt v. Eschwege folgende Nachrichten:

Von den vielen Bächen, die aus der Serra da Matta da Corda dem Rio Abaete (einem Zufluß des Rio San Francisco) zufließen, ist einer der beträchtlichsten der Ribeirao do Andrade, der vorzüglich wegen seines in den Geschieben und dem Sande enthaltenen Platins bemerkt zu werden verdient, welches man darin in abgerundeten Körnern, selbst von der Größe einer kleinen Bohne, findet, da es gewöhnlich in Brasilien nur als feiner Sand oder in Blättchen oder höchstens von der Größe eines Hirsekorns oder einer Linse(?) gefunden wird.

Das spezifische Gewicht eines dieser größten Stückchen aus dem Ribeirao do Andrade fand ich bei Temperatur 15° R. 14·6.

Wahrscheinlich kommt dieses Platin sowie die Diamanten aus den höheren Gebirgen der Itacolumitquarzbildung.

Merkwürdig ist aber, daß alle diese Gewässer des östlichen Abhanges der Serra da Matta da Corda keine Spur von Gold zeigen.

Ein eigenes Kapitel widmet v. Eschwege dem Platin in seinem »Pluto Brasiliensis«, das hier ausführlicher wiedergegeben werden soll:

Platina. Dieses sonst so seltene Metall findet man in vielen Gegenden der Provinz Minas Geraes und obgleich dasselbe seit vielen Jahren schon in mehreren Goldlavras mit dem Golde, wovon man es seiner größeren spezifischen Schwere nicht trennen konnte, zusammenschmolz, so blieb doch seine Existenz lange Zeit unbekannt und man hielt es für schlechtes Gold, welches selbst, nachdem es gemünzt war, eine ins stahlgraue fallende Farbe behielt, die ihm an seinem wahren Werte im Handel schadete.

Erst in den Jahren 1800 bis 1805, wo man die Diamantenflüsse Indaia und Abaete durch eine eigens dazu ernannte Kommission untersuchte, deren Mitglied J. V. Couto war, der während seiner medizinischen Studien im Coimbra einige mineralogische Kenntnisse erworben hatte, wurde dieses Metall durch denselben erkannt, welches hier auch nicht schwierig war, weil es ohne Gold und ungemengt mit anderen Metallen in den Geschieben des Rio Abaete in ziemlichen Quantitäten gefunden wurde.

Nicht allein in den Nebenarmen, besonders in dem Ribeirao do Andrade, einem der beträchtlichsten Zuflüsse des Rio Abaete, sondern auch im Hauptstrome fand man das Platin.

Ebenfalls fand man nachher vieles Platin in den Ribeirao das Lagens, nicht fern von dem Arrayal de Conceicao in Serro Frio, sowie selbst auf dem hohen Gebirge der Nachbarschaft dieses Ortes, ferners bei Villa Rica (Ouro preto) in einem kleinen Bache jenseit des hohen Itacolumy. Es kommt in diesen Bächen und Flüssen, die alle ihren Ursprung in der Itacolumitbildung nehmen, als feiner Sand und in abgerundeten meistens eckigen Körnern, selten (nur einmal von der Größe einer kleinen Bohne) vor.

Lampadius erhielt 1833 von einem Schüler namens Brant aus Minas Geraes gebürtig, eine Goldstufe aus der Umgebung von Sabara stammend, zum Geschenke, die, wie aus deren Beschreibung sicher hervorgeht, ein Stück goldreicher Jacutinga aus dem Itabirit, wahrscheinlich von Itabira do Matto-Dentro oder Gongo Socco war.

Lampadius und Plattner untersuchten selbe eingehend und gaben als Resultat folgende Zusammensetzung des aus dem Eisenglanzbrocken geschiedenen Goldes:

Au	52·95%
Pt	30·60
Ag	9·52
Ir	1·42
	94·49%

Meines Erachtens handelt es sich hier um Palladiumgold, das auch etwas Platin enthielt, wie dies z. B. sicher für das PdAu von Gongo Socco nachgewiesen ist, und fand wohl eine Verwechslung der beiden Metalle Pt und Pd zum Teil statt, worauf auch einige Beobachtungen Plattners schon hinweisen.

So schreibt dieser Forscher:

»daß der durch Schmelzen mit schwarzem Fluß, Borax und Probierblei unter Kochsalzbedeckung erhaltene Regulus nach dem etwas schwierig erfolgten Abtreiben des Bleies nicht die

Farbe des Goldes oder des Silbergoldes hatte, sondern eine Farbe zwischen gelblichweiß und stahlgrau.

Auch die Auflösung in Königswasser erfolgte sehr rasch und die Lösung hatte eine rötliche (PdAu) Farbe. Bei Fällung mit KCl entstand ein nicht unbedeutender gelber Niederschlag, der aber nicht die zitrongelbe Farbe des K_2PtCl_6 hatte, sondern sich ein wenig ins Rote neigte.«

Letztere Reaktionen verweisen auf Palladium.

Plattner kam zum Schluß, »daß das Platin in der Jacutinga nicht mit Gold legiert sein kann, sondern im gediegenen Zustand mechanisch verteilt in dem Eisenstein ist, ganz so, wie dies sicher auch in der Jacutinga von Gongo Socco und Itabira do Matto Dentro der Fall ist, wo das Platin neben viel Palladiumgold und reinem Gold nachgewiesen ist.

Nicht ganz sichergestellt erscheint es, ob das von Svanberg (einem Schüler von Berzelius, da dieser schon vor ihm über dies Platin Bericht erstattete), analysierte, durch einen ausnahmsweise hohen Iridiumgehalt ausgezeichnete Platin tatsächlich aus Brasilien stammte, wie z. B. in Danas Syst. of Mineralogy, 1892, p. 27, und in Hintzes Handbuch der Mineralogie, I. Bd., p. 138, angegeben ist.

Berzelius schreibt hierüber:

»Auch hat Svanberg ein für Osmiridium ausgegebenes Mineral aus Amerika analysiert, welches kleine, weiße runde Körner bildete, von denen einige dem Magnet folgten, die ausgezogen wurden.

Die übrigen hatten das spezifische Gewicht von 16·94 und bestanden aus:

Pt	55·44%
Ir	27·79
Rh	6·86
Pd	0·49
Fe	4·14
Cu	3·30
Os	Spur
Verlust	1·98
	100·00%

Es ist jedoch möglich, daß Svanberg an anderem Orte, etwa in dem von Hintze zitierten Neuen Jahrbuch für Mineralogie und Geologie, 1835, p. 185, Brasilien als Fundort dieses Iridiumplatins angibt.

Auffallend ist das angegebene niedrige spezifische Gewicht.

Der chronologischen Übersicht halber sei hier auch das zuerst von C. Leonhard (1843) in seiner Mineraltopographie und später von Domeyko in seiner Mineralogie Chiles angegebene Vorkommen des Platins in diamantführenden Flußsanden des brasilianischen Staates (Matto-Grosso) erwähnt.

Neuesten Nachrichten englischer Bergingenieure zufolge wurde tatsächlich in den diamantführenden Sanden des genannten Staates (in der Umgebung von Diamantina) Platin in geringer Menge neben Waschgold gefunden und stimmt auch die geologische Beschaffenheit dieses wenig bekannten Diamantbezirkes sehr mit der des Munizips von Serro in Minas Geraes überein.

Über ein anderes gleichfalls nicht sichergestelltes Platinvorkommen in Minas Geraes, bei Camargos, nahe Ouro preto, berichtet der sonst als durchaus zuverlässiger und gewissenhafter Beobachter und Geolog bekannte Bergingenieur V. v. Helmreichen in seinem 1846 an Direktor v. Haidinger in Wien gerichteten Reisebriefe:

Am Morro da Fraga ward ich aufmerksam gemacht, daß auf der »Facenda da Cruz das Almas« ein Metall gefunden worden ist, das für Platin gehalten wird.

Ich kreuzte den Rio Gualaxo bei Bento Rodriguez und erreichte nach einer Stunde am Corrego do Descoberto die Stelle, wo das fragliche Metall in einem grobkörnigen Quarzfelsen vorkommt, welcher, so wie dessen nächste Umgebung, den Grenzgebilden der Granit-Gneisformation an ihrem Abschnitt an die Itacolumitformation angehört. Dieser Quarzfels, obwohl an und für sich fest, bricht doch leicht mit einer Brechstange in polygone Stücke infolge der vorhandenen Ablösungen, die man öfters mit einer gelblichen lehmigen

Masse bedeckt findet. In dieser Nähe kommt das fragliche Metall höchstwahrscheinlich vor, zeigt sich aber erst durch das Waschen am Boden des Sichertroges (Batea), wo man es nicht selten in Gesellschaft von Titaneisen findet, welches mitunter auch fest in dem Quarz eingewachsen vorkommt.

Keines der herausgewaschenen Metallblättchen war rostig, manche kamen mir aber vor, als wären sie stahlartig angelaufen. Alle wirkten auf die Magnetnadel entschieden und reines Platin kann daher dieses Metall wohl nicht sein, doch ist es aber möglich, daß es in Verbindung mit Eisen oder daß es reines metallisches Eisen wäre.

Neuerliche Nachforschungen an dieser Stelle von Seite meines Freundes Dr. J. C. Sena, Direktor der Esc. d. Minas in Ouro preto, den ich hierauf aufmerksam machte, führten bisher zu keinem entscheidenden Erfolge, da nur Waschproben aus dem Corrego do Descoberto gewonnen wurden.

Anderseits ist es sehr leicht möglich, daß frische Bruchstückchen der verwandten eisernen Brechstangen beim Verwaschen mit der Batea zum Vorschein kamen und irrtümlicherweise von v. Helmreichen für Eisenplatin gehalten wurden.

Im folgenden wird eine eingehendere Beschreibung dieser Fundstelle »Camargos« gegeben werden, wie auch der interessanten goldführenden Sande des Corrego do Descoberto.

Die von Sr. Dr. J. C. Sena gesammelten Proben von Camargos bestanden nur aus Waschrückständen der Bachsande des Corrego do Descoberto.

Diese bestand fast ausschließlich aus Bruchstücken und Mineralien der Itabirite, welches Gestein auch bei Camargos in großer Mächtigkeit entwickelt ist. Demzufolge fand sich auch in den Sanden ziemlich reichlich Gold, hochkaratiges und hellrötliches Palladiumgold, Platin konnte aber nicht entdeckt werden.

Es fanden sich jedoch in den konzentrierten Sanden neben Gold zwei silberweiße, kleine, metallische, unmagnetische Körner, die eine ganz an das Platin von Tijucal erinnernde mammelare Form besaßen und von welchen eines zur chemischen Prüfung geopfert wurde.

Dies Körnchen war mit einer Hülle von erdigem Limonit überzogen und konnte mit dem Hammer plattgedrückt werden, wonach es eine hellere silberähnliche Farbe erhielt. Von Salpetersäure ward es merklich angegriffen, jedoch nicht gelöst, erst schwaches Königswasser löste es vollständig. Nach Abdampfen der Lösung, Aufnahme mit HCl und Zugabe einer Spur KCl bildeten sich die für Palladium charakteristischen Kristalle von Kaliumpalladiumchlorid. Ebenso fand sich nur Pd-Reaktion in einer zweiten Probe mit Chlorammon. Das Filtrat gab eine starke Eisenreaktion.

Bemerkenswert ist der Reichtum dieser Sande an großen prismatischen Xenotimkristallen (Dattastypus) und Monazit und Zirkon, Mineralien, die für granitische Gänge bezeichnend sind.

Alle diese Mineralien fanden sich in wohlerhaltenen Kristallen. V. v. Helmreichen fand aber das an gediegen Eisen erinnernde stark magnetische Platin in einem Quarzgange am Ursprung des Corrego do Descoberto. Daß ihm eine Verwechslung mit Eisenstückchen, wohl von den Brechstangen bei Förderung des Gangquarzes abgefallen, passierte, darauf verweist auch eine Untersuchung und Mitteilung des Direktors do Museu Nacional de Rio de Janeiro im Jahre 1845. (Publiziert in Revista do Archivo Publico Mineiro A. 3. fasc. 3 bis 4, 1898, p. 758.)

Direktor Fr. Custod. Alves Serrao berichtet nach einer offiziellen Aufforderung des Staates, daß die ihm zur Untersuchung gesandten angeblich platinführenden Proben neben viel Eisenoxyd nur einige Stückchen gediegen Eisen enthielten.

Die Dichte dieser Eisenstückchen fand er zu 7·4 bis 7·6%. Er ist der Ansicht, daß dies natürliches gediegen Eisen, aus den Itabiriten stammend, ist, worauf auch v. Eschwege seinerzeit hinwies.

Burtons Angaben über das brasilianische Platin in der Serra de Ouro branco und den Lavras des Barao de Itabira bei Marianna sind so kurz gehalten, daß kein Wiederauffinden desselben hiernach möglich erscheint. Bemerkenswert ist, daß schon v. Eschwege auch die Serra de Ouro branco als Fundort des Platins angibt.

Unwahrscheinlich erscheint jedoch die Angabe Burtons über das Vorkommen von Platin auf der Serra de Urubu am Rio San Francisco, da er sich hierbei nur auf die Aussagen der Landbewohner (»rounded steely grains, which in the cupel proved refractory«) bezieht.

Zuverlässig ist jedoch die Angabe über das Vorkommen des Platins im Staate Parnahyba do Norte, das zuerst Williamson in einem ausführlichen Berichte l. c. beschreibt, welcher von Hartt fast vollinhaltlich in seiner »Geol. of Brazil« wiedergegeben ist (jedoch ohne Profil, das anbei folgt.)

Section along the valley of the river Bruscus, showing the goldlodes about 6 miles length. (After Mr. Williamson.)

1. Syenitic Gneis.
2. Contorted Gneis, graduating into micaschists.
3. Crystalline Limestone.
4. Plumbaginous Schist.

Williamson beschreibt eine Reihe von goldführenden Gängen, die am besten längs des Flusses Bruscus, auf eine Länge von über 6 engl. Meilen hin, in kristallinischen Gesteinen cambrischen Alters aufgeschlossen sind.

Gebänderte syenitische Gneisgesteine wechsellagern mit gleichem Streichen, mit Glimmerschiefern und kristallinischen Kalksteinen, wie auch hauptsächlich mit blaugrauen kristallinischen Schiefern, in welchen sich auch in einem Falle ein graphitischer Schiefer eingelagert fand.

In dieser Schieferserie treten die goldführenden Quarzgänge auf, mit gleichem Streichen denselben eingelagert, zum Teile in linsenförmigen Massen, selten quer auf die Schieferung derselben verlaufend. Eine Reihe von solchen Gängen wurde gefunden, die, als von Süd nach Nord gehend, mit »Caxoeira Lima, Descobridora, Boa Esperanca etc.« bezeichnet wurden.

In letzterem Gange, einem Quarzgang mit wenig Kiesen, als: Pyrit, Arsenopyrit, Kalkopyrit, Galenit und Blende, deren Zersetzungsprodukte als: Zinkkarbonat, Bleikarbonat und -chlorophosphat, Kupferphosphate, -arseniate und -karbonate, Antimonoxyd, natürlicher Schwefel, Kupfersulfat, Bleisulfat-

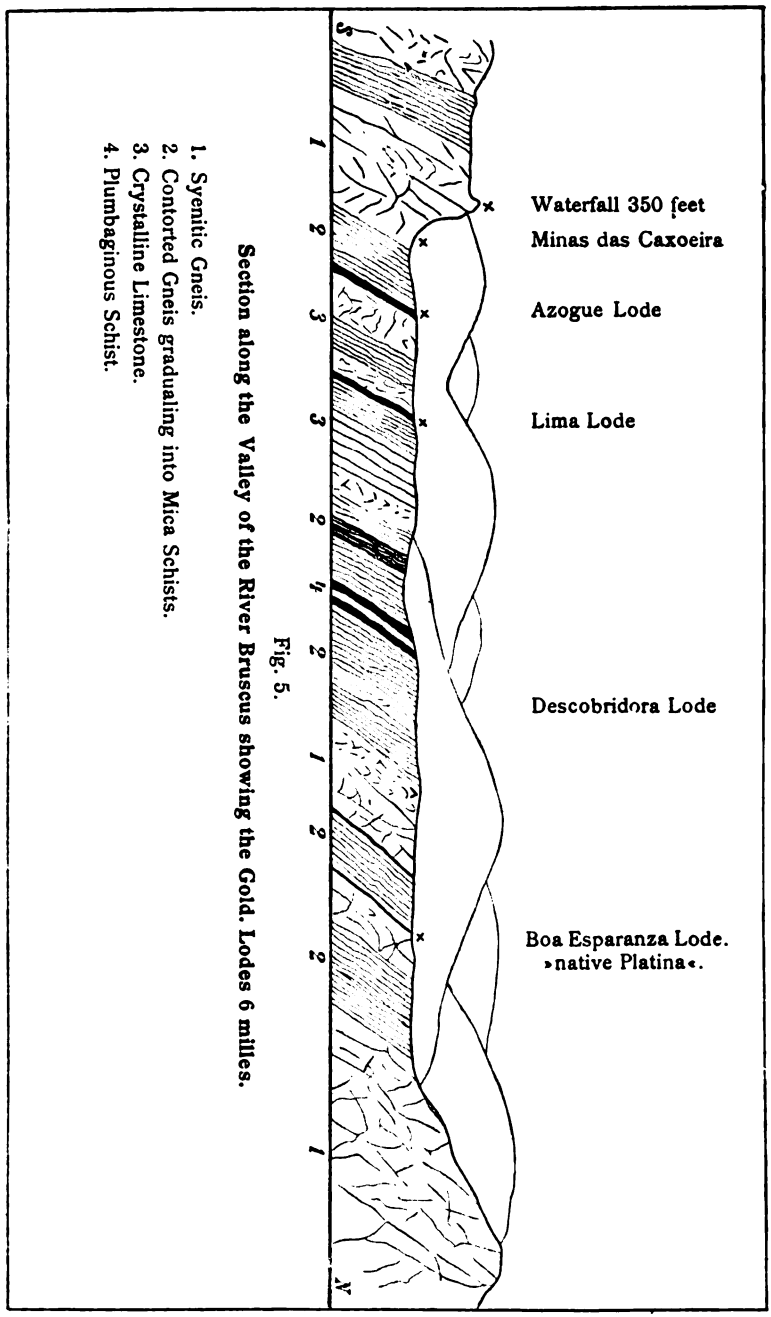


Fig. 5.

Section along the Valley of the River Bruscus showing the Gold. Lodes 6 milles.

1. Syenitic Gneis.
2. Contorted Gneis gradualing into Mica Schists.
3. Crystalline Limestone.
4. Plumbaginous Schist.

und -chromat selten zu nennen sind. Spärlich findet sich auch Freigold eingewachsen und Körnchen von Platin.

Im Jahre 1865 hat sich eine englische Minenkompagnie unter dem Namen »The Tasso Brazilian Gold Mining Cie. Ltd.« gebildet, um daselbst die Arbeiten zu beginnen, doch verlautete bisher nichts über Erfolg oder Inangriffnahme der Arbeiten in genannter Mine.

Diese Angaben Mr. Williamsons erweisen, wie mir aus allen mir zur Verfügung stehenden, das Platinvorkommen betreffenden Arbeiten hervorzugehen scheint, zum ersten Male erwähnt, aufs entschiedenste das gleichzeitige Vorkommen des Platins mit Gold in Quarzgängen der kristallinischen (cambrischen) Schieferformation.

Wie später gezeigt werden wird, weisen auch andere von uns in Minas Geraes studierte Platinvorkommen auf einen ähnlichen Ursprung hin.

Auch Henwood erwähnt a. a. O. wiederholt, daß die aus der Jacutinga gewaschenen Goldsande stets (in Gongo Socco) nach dem Schmelzen beim »Assay« einen geringen Platingehalt neben relativ großem Palladiumgehalt zeigten; das Gold enthielt 0·04 bis 0·12% Platin.

Es erscheint daher sehr wahrscheinlich, daß auch in der Jacutinga gediegen Platin spärlich neben dem Palladiumgold vorkommt und gelang es mir tatsächlich, silberweiße, eckige Körner, die nach Lösen in Königswasser, Abdampfen und Aufnehmen mit HCl unter Beifügen einer Spur KCl nur die Platinreaktion gaben, aus dem palladreichen Golde von Itabira do Matto Dentro auszulesen, obwohl selbes auch hier sehr spärlich zu sein scheint.

Seit 1870 verlauten keine Nachrichten mehr über ein Platinvorkommen in Brasilien und die allbekannte (seit 1812) Fundstelle von Ribeirao das Lagens war ganz vergessen, bis 1902 mein alter Freund Dir. J. C. Sena, aus Conceicao selbst gebürtig, neuerdings Nachforschungen im selben Bache ausführte und so glücklich war, nach den Angaben v. Esch-

weges das Platin wieder, wenn auch in spärlicher Menge, aufzufinden.

Von Dir. Sena erhielt ich schon 1902 die ersten Platinproben von Corrego das Lagens zur Untersuchung und 1903 hatte ich Gelegenheit, im Verein mit meinem Freunde Bergingenieur M. Lisboa auf eigene Kosten eine Explorationsreise in diese Gegend ausführen zu können. Diese Reise ging von Sabara aus über Caethe, immer längs dem östlichen Abfall der Serra do Espinhaco nordwärts, nach Conceicao und bis Serro.

Während ich die alte Fundstelle am Corrego das Lagens (Tijucal und Corrego das Ouro branco) untersuchte, ging mein Kollege Lisboa nach Norden, um eine gleichfalls schon längere Zeit bekannte Pt-Fundstelle, deren Kenntnis wir Herrn Dr. Sabino Barroso verdanken, zu studieren. Selbe liegt am Fuße der Serra do Itambe, bei Serro, nahe einer alten Fazenda »Condado« am Corrego do Bom Successo. Von dieser Fundstelle befanden sich schon 1889 auf der Pariser Weltausstellung Stückchen bis zu Bohnengröße, durch den damaligen Direktor der Escola de Minas, Professor H. Gorceix, hingesandt. Wie wir erfuhren, verdankte dieser die Proben dem Dr. Sabino Barroso, und von demselben Herrn erfuhren wir auch den genaueren Fundort, was wir hiemit bestens dankend bestätigen.

In den folgenden Zeilen sollen nun die einzelnen Platinvorkommen Brasiliens eingehender beschrieben werden und mit der am ältestbekannten, der vom Corrego das Lagens, begonnen werden.

Platin vom Corrego das Lagens und Umgebung.

Wie schon v. Eschwege in seiner Gebirgskunde Brasiliens im allgemeinen die orohydrographischen und geologischen Grundzüge der goldreichen und diamantführenden Gebirgsketten richtig gibt, bildet nach dem Verlassen der Wasserscheide zwischen dem Rio Doce und Rio Sta. Barbara nahe Caethe die Serra do Espinhaco, auch Serra dos Vertentes genannt, deren südlicher Teil Serra da Lapa und deren nördliche Fortsetzung als Serra de Sto. Antonio bezeichnet wird, in einem von Süd nach Nord verlaufenden Streichen die

Fortsetzung der Serra da Caraca und da Piedade, über Diamantina gehend und als Serra de Grao Mogor sich bis Bahia hin erstreckend.

Der Abfall dieses enormen Kettengebirges nach Westen hin, gegen das Tal des Rio San Francisco, dessen Talgebiet und Vorberge aus paläozoischen (devonischen?) Schiefern, Kalksteinen und Sandsteinen besteht, ist ein sehr steiler, wie in einem Abbruchtal, längs einer enormen Verwerfung.

Gegen Osten hin, den Zuflüssen des Rio Doce, ist der Abfall ein sehr allmählicher und eine Reihe von Gebirgsausläufern zeigt sich hier, die im geologischen Aufbau genau mit den »halbkristallinischen« Schiefergesteinen der Phyllit-, Itacolumit-, Itabiritformation der Hauptserra do Espinhaco übereinstimmen.

Ich gebrauche hier deshalb den wenig logischen Ausdruck »halbkristallinische« Schiefergesteine, da diese ganze Schieferserie genau so schon im goldreichen Revier von Ouropreto auftritt und ganz und gar nicht den Charakter typischer kristallinischer Schiefer aufweist, sondern eher als umgewandelte, metamorphosierte Sendimente, sei es cambrischen oder silurischen Alters, zu betrachten sind.

Als Basis dieser Schieferserie treten in den tiefen Tälern des Rio das Velhas im Westen und des Rio do Peixe und anderer im Osten granitische Gesteine und Granitgneise auf, von denen in manchen Fällen nachgewiesen werden konnte daß sie jünger als die Itacolumite und Itabirite sind.

Über diesen lagern die meist hochgradig zersetzten, durch Granat-, Staurolith- und Turmalingehalt ausgezeichneten Glimmerschiefer, auf welchen die oben erwähnte Itacolumit-Itabirit-Schieferformation ruht, in welcher sich nicht selten Kalksteine und glimmerreiche Quarzite konkordant eingelagert finden. Die Kalksteine führen an mehreren Orten reichlich Kalkmagnesiasilikate.

Diese Schichtenserie des Itacolumit-Itabirit ist in der Serra do Espinhaco und deren Fortsetzung, der Serra do Grao Mogor, sehr steil aufgerichtet, so daß die durch Erosion (Abrasion) als Tafelland im allgemeinen erscheinenden höchsten Erhebungen genannter Serra fast nur aus den glimmerigen

Quarziten, den Itacolumiten, bestehen, während erst gegen Osten hin unter denselben, in tieferem Niveau, die Itabirite und Phyllite erscheinen.

In diesen glimmerigen Quarziten finden sich häufig konkordant graue und grüne dünnschiefrige Phyllite eingelagert, die sich durch eine auffallende Armut an Quarz auszeichnen. Öfters sind solche reich an Chlorit oder Aktinolith, manchmal reich an weißem, talkähnlichem Muscovit, immer sehr dünnschiefrig und nicht selten von Quarzlinsen durchzogen, während der Schiefer selbst als sehr quarzarm sich zeigt. Die an Quarzlinsen reichen Phyllite sind auch häufig goldführend, wie bei Diamantina.

Auf diesen schiefrigen glimmereichen Quarziten und quarzarmen Phylliten liegen oft scheinbar deutlich diskordant konglomeratische Quarzite, worauf schon v. Helmreichen in seinen Studien über die diamantführende Itacolumitformation der Serra do Grao Mogor aufmerksam machte. Während in den seiner Arbeit beigefügten Bildern und Profilen oft diese Diskordanz deutlich ausgeprägt erscheint, erwähnt er doch schon, daß diese konglomeratischen Quarzite, deren deutlich klastische Struktur erst durch Verwitterung deutlich hervortritt, öfters den glimmerigen Quarziten und Phylliten konkordant eingelagert zu sein scheinen.

Auch ich konnte bei einem längeren Besuche der Diamantregion von Diamantina kein klares Bild von der Lagerungsweise dieser konglomeratischen Quarzite bilden, da selbe, auf größere Distanzen gesehen, deutlich diskordant auf der Itacolumit-, Quarzit- und Phyllitserie gelagert erschienen, während anderseits sie sich auch öfters denselben scheinbar konkordant eingelagert zeigten.

Diese konglomeratischen Quarzite wurden nun zuerst von v. Helmreichen von der Serra do Grao-Mogor als diamant führendes Gestein nachgewiesen und dessen Beobachtungen seither in vollstem Maße bestätigt.

Ohne Zweifel hat gerade dieser konglomeratische Quarzit und dessen begleitende Gesteinsarten das Material für die diamantführenden Seifen (Cascalho) lager der Zone Diamantina-Gran Mogor bis gegen Bahia hin geliefert.

Die Itacolumit-Itabiritserie wird zum Teile von granitischen Gesteinen, zum Teile von basischen Eruptivgesteinen, aber nur in schmäleren Gängen und Massen, besonders körnigen Diabasen und uralitisierten Gabbros durchbrochen.

Außer diesen erscheinen besonders auf dem östlichen Abhange der Serra do Espinhaco gegen Conceicao und Serro hin und selbst in Diamantina zu Seifen- und Topfstein umgewandelte körnige Pyroxen- und Amphibolgesteine, selten echte Serpentine.

Dies sind im wesentlichen die Gesteinsarten, die am geologischen Aufbaue der ganzen Serra do Espinhaco teilnehmen, nur daß natürlich je nach der Wirksamkeit der Erosion in den tiefen Flußtälern der Granit zum Vorschein kommt und der widerstandsfähigere harte konglomeratische Quarzit auf der Höhe der Serra in auffallenderen Formen erscheint.

Das Vorkommen des Platins ist vorderhand auch nur in Flußsanden (Cascalho) derjenigen Flüsse bekannt, die ihren Ursprung vom östlichen Abhange der Serra do Espinhaco haben, den Zuflüssen des Rio Sto. Antonio, im Rio do Peixe und von den Ausläufern der Serra bei Diamantina gegen Osten hin, aus den Quellflüssen des Rio Guanhaes.

Den südlichst gelegenen Fundort von Platin gibt zuerst v. Spix und v. Martius an in einem kleinen Bache südlich von Itambe do Matto, der seinen Lauf im Itabirit hat und nördlich von dem Corrego de »Duas pontes« gelegen ist. Es dürften dies die Quellen des heutigen Rio Tanque sein.

Den Ort Itambe passierend, erreicht man gegen Norden reisend, den durch seine alten Eisenwerke berühmten Ort »Morro do Pilar« und eine Reihe kleiner Zuflüsse des Rio do Peixe, der sich in den Rio Sto. Antonio ergießt.

Waschgoldproben, aus dem mächtige Itabiritberge durchströmenden, kleinen Flüßchen »Picao«, unmittelbar bei genanntem Orte Morro do Pilar stammend, zeigten neben zum Teile hochkaratigem Golde viel Palladiumgold und auch einige kleine, ganz und gar nicht gerollte Körnchen und Blättchen von Platin, die vollkommen mit dem vom Corrego das Lagens übereinstimmen.

Der Rio Picao hat nicht etwa im Itabirit selbst, aus dem wohl höchstwahrscheinlich das Pd Au stammt, seinen Ursprung, sondern auf dem Serra da Lapa genannten Teile der Serra do Espinhaco, in den dem Itabirit auflagernden schiefrigen Quarziten, den sogenannten Itacolumiten, ebenso wie die übrigen Zuflüsse des Corrego das Lagens. Von Morro do Pilar nordwärts nach Conceicao gehend, überschreitet man den Ribeirao do Matta Cavallos und dessen Zufluß, den Corrego das Lagens, die sich beide in den Rio Sto. Antonio ergießen.

Der lange, als platinführend erkannte Corrego das Lagens hat in seinem oberen Laufe den Zufluß des Corrego do Ouro branco auf der einen Seite eines vorgeschobenen Hügels von der Hauptserra aus, während auf der anderen Seite desselben der Corrego die Tijucal und der Corrego dos atoleiros entspringen und sich in den Ribeiro do Matto Cavallos ergießen.

Alle diese Zuflüsse enthalten, wenn auch sehr spärlich, in den Sanden neben Gold auch Platin und da wir in den Cascalholagern des Corrego do Ouro branco mehrere Tage Arbeiten daraufhin anstellten, so soll hier eingehender auf dies Vorkommen eingegangen werden.

Der Corrego das Lagens selbst enthält auch in seinem unteren Laufe, nahe der alten Eisenhütte und Fazenda, etwas Platin, wie schon v. Eschwege und v. Spix und v. Martius angeben. In diesem Teile hat er aber sein Bett in Itabiritschichten und wird daselbst bis heute noch dies Gestein zur Eisenfabrikation (Fabrikation von Hufeisen für Maultiere) verwendet.

Der Corrego do Ouro branco hat sein ganzes Bett nur in den schiefrigen Quarziten der Itacolumitserie, die aber auch hier stellenweise einen deutlichen konglomeratischen Charakter aufweisen.

Auf der Höhe des Hügels ist ein Diabasgang anstehend, und finden sich Gerölle desselben auch in dem platinführenden Cascalho des Corrego do Ouro branco.

Das breite Tal des Corrego das Lagens und Zuflusses wird von einem allerdings nur zirka 1 bis 2 *m* mächtigen Cascalho bedeckt, der beim Abräumen des obenliegenden groben Gerölls und der leichten Quarzsande am Quarzitboden (pissara), meist

mit wenig weißem Ton vermengt, die schweren Mineralien mit Gold und Platin enthält, die schließlich mit der Batea konzentriert wurden.

Von den Edelmetallen ist das Gold das häufigere, ja, im Corrego do Tijucal ist es reichlicher wie das Platin zu finden, während im Corrego de Ouro branco letzteres vorherrscht.

Als Begleitmineralien beider Metalle finden sich fast alle die Mineralien hier wieder, die so charakteristisch für das Vorkommen des Diamanten in dem nahen Diamantinabezirk zu sein scheinen (sogenannte »Formacao«), in der Tat es aber nicht sind, da auch ohne jedwede Begleitung dieser Mineralien an verschiedenen Orten sich Diamanten finden.

Die Mineralien, die hier das Platin begleiten, sind:

1. Vorherrschend Geschiebe eines schwarzen, dichten, oft faserigen Turmalinquarzgesteins, wie solche aus Quarzgängen und -schnüren, die den Quarzit durchziehen, bekannt sind.

2. Viel Magnetit.

3. Ziemlich reichlich Eisenglanz.

4. Rutil, in prismatischen Kristallbruchstücken.

5. Anatas, in gelben oktaedrischen Kriställchen.

6. Ziemlich häufig langprismatischer Xenotim, gelb durchsichtig, der vor kurzem wohl mit Unrecht als »Hussakit« umgetauft wurde.

7. Monazit, in fast ganz ungerollten Kristallen.

8. Senait, in schwarzen tafeligen, porösen Kristallfragmenten.

9. Die unter dem Namen »Kaptivos« bekannten Paramorphosen von Rutil nach Anatas.

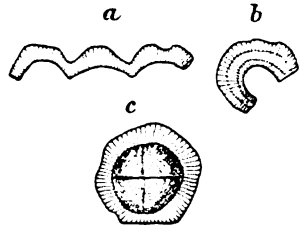
10. Viele winzige, prismatische, oft rosenrote Zirkonkriställchen.

Konzentriert man die Sande mit der Batea, um die Edelmetalle zu gewinnen, so verbleiben mit diesen nur noch Eisenerze, Zirkon-, Monazit- und winzige oktaedrische Xenotimkriställchen zurück. Genau dieselben Mineralien finden sich auch in den Waschrückständen des Corrego das Lagens und deren anderen Zuflüssen. Im Corrego do Tijucal, der wie der Corrego das Lagens im unteren Laufe sein Bett in Itabiriten

hat, ist der Cascalho sehr reich an Bruchstücken von Itabirit an Eisenglanz und Martitkristallen, so daß ich anfänglich deshalb der Ansicht war, daß das gediegen Platin aus dem Itabirite stamme, aus welchem es ja (wie von Gongo Socco und Itabira do Matto Dentro) bekannt ist.

11. Das Gold zeigt sich in allen Waschresiduen als sehr stark gerollt in Form dünner, flacher, linsenförmiger Blättchen, nie in Kristallen und von zweierlei Farbe; einesteils ein sehr hochkaratiges dunkelgoldgelbes Au, frei von Palladium und sehr arm an Silber, andernteils ein kupferrötliches helles Gold, das sich als stark palladiumhältig erwies. Stets kommen beide zusammen vor, letzteres (PdAu) seltener.

12. Das gediegen Platin ist im Gegensatze zum Golde niemals gerollt und von so eigentümlicher Form,



daß es von vornherein als sehr zweifelhaft erscheint, dieses als einen isolierten Gemengteil eines Gesteins zu betrachten, sondern sogleich an eine sekundäre Bildung des Platins, aus Lösungen abgesetzt, denken muß.

Die merkwürdige Gestaltung dieses Platins fiel schon Wollaston auf und gab er eine ganz richtige Beschreibung hievon.

In beifolgender Figur 2, Tafel II, sind einige der häufigsten Formen wiedergegeben.

Es sind bald mammilare traubige Gebilde, bald farnkrautähnliche, deren Enden aber niemals Kristallflächen zeigen, bald kugelige Formen und am häufigsten dünne, blättrige Krusten mit Glaskopfstruktur.

Alle diese Formen sind innen hohl und dünnwandig, die Wand unter dem Mikroskop deutlich faserig ausgebildet, wozu bei dickeren Blättchen noch ein konzentrisch-schaliger Bau zu beobachten ist.

Im Querbruche sehen solche zerbrochene Kügelchen und krustenförmige Blättchen, wie in folgenden Figuren es wiedergegeben ist, aus.

Auch die Oberfläche aller dieser Platingebilde zeigt nie etwa Kristallendigungen und häufig sind auf der hohlen Unter-

seite, besonders der kugel- und krustenförmigen Gebilde, Abdrücke von Kristallen zu beobachten, als ob sich das Platin auf scheinbar oktaedrischen Kriställchen abgesetzt hätte.

Selten wurden einige kleine Platinkrusten gefunden, die auf ihrer hohlen Unterseite noch Reste eines total zersetzten weißen Silikates(?) anhaftend zeigten.

Auch eine Verwachsung von kleinen, rundlichen Goldkriställchen mit dem Platin wurde einige Male beobachtet.

Selten finden sich in den Sanden noch dunkler gefärbte, bleigraue, eckige Körner von Platin, die keinerlei radialfaserige Struktur besitzen und vielleicht anderer chemischer Zusammensetzung sind. Endlich ist noch hervorzuheben, daß in den feinsten Sanden auch nicht selten winzige, aber scharf ausgebildete Kristalle, Würfel, selten in Kombination mit dem Dodekaeder, von 0·2 bis 0·5 *mm* Größe und einmal auch ein Oktaeder von Platin gefunden wurden.

Unter den aus den feinsten Platinsanden ausgelesenen winzigen Kriställchen fanden sich auch einige mit sehr glänzenden Flächen ausgestattete silberweiße Kriställchen, die sehr scharf die Form einer trigonalen Pyramide, das ist der trigonalen Bipyramide zweiter Art nach Groth zeigen und demnach wohl nicht als Platinkristalle zu deuten sind und wahrscheinlich wie die dünnen sechsseitigen Täfelchen dem Osmiridium angehören.

Auch von diesen besitze ich vorderhand zu wenig, um mit Erfolg entscheidende chemische Bestimmungen ausführen zu können.

Es ist jedoch leicht möglich, daß in diesen scheinbar trigonalen Kriställchen nur verzerrte reguläre Kristalle, der Kombination: 001.111 vorliegen, indem beim Wachstum derselben nur die Flächen: 001.100.0$\bar{1}$0 des Würfels und: 11$\bar{1}$.$\bar{1}$11.$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$ des Oktaeders vorwaltend ausgebildet sind, oder Zwillinge zweier Würfel nach dem Spinellgesetze verwachsen (111). Auffallenderweise zeigen auch die zahlreichen mit dem Platin in den Sanden des Rio Abaete vorkommenden ebenso winzigen Perowskitkriställchen dieselben verzerrten Formen der Kombination des vorherrschenden Würfels mit dem Oktaeder.

Ob die scharf sechsseitigen Täfelchen auch nur verdrückte Oktaeder von Platin sind oder Osmiridium, ist erst durch scharfe mikrochemische Reaktionen zu entscheiden, die auszuführen mir hier an dem so spärlichen und winzigen Kriställchen nicht möglich ist.

Das spezifische Gewicht dieses ersichtlich sekundär gebildeten, glaskopfähnlich struierten, faserige Überzüge bildenden Platins wurde an ausgesuchten größeren Stücken von 0·8094 *g* Substanz zu 20·20 und 20·48 bestimmt, demnach also ein sehr reines Platin zu sein scheint.

Das spezifische Gewicht ist auffallend hoch, da selbes für uralisches Pt von 14 bis 19 schwankt, aber häufig eisenreich ist, was an dem brasilianischen Pt nicht nachgewiesen werden konnte.

Auch für geschmolzenes Platin wird (nach Kemp l. c.) nur 19·7 angegeben, während es für gehämmertes Pt erst 21·23 beträgt. Anderseits könnte man der Meinung sein, daß dies brasilianische Platin reich an Iridium wäre, da es tatsächlich sehr schwer von Königswasser gelöst wird und auch schon von Svanberg l. c. ein Platin, angeblich aus Brasilien, als sehr iridiumreich erkannt wurde, welches aber ein sehr niedriges spezifisches Gewicht besaß, während Dana in seinem Syst. of Mineralogy, p. 27, für uralisches Iridiumplatin ein spezifisches Gewicht von 22·65 bis 22·84 angibt und auch tatsächlich ein Platin mit zunehmendem Iridiumgehalt auch ein höheres spezifisches Gewicht erlangen muß.

Nach dem Lösen des Platins vom Corrego das Lagens in starkem Königswasser verblieben häufig wenige und sehr winzige schwarze Körnchen, die auch nach wiederholter Behandlung mit starker Säure nicht angegriffen wurden.

Endlich ist noch zu bemerken, daß unter den aus den feinsten Sanden ausgelesenen würfeligen Kriställchen auch einige solcher sich fanden, die sich von den silberglänzenden Platinwürfelchen durch einen merkwürdigen speisgelben Metallglanz, der an Pyrit erinnert, auszeichnen.

Leider ist es mir vorderhand noch nicht möglich, infolge des überaus kärglichen Materials zu entscheiden, ob dies Mineral auch Platin oder eine Platinverbindung, vielleicht

Sperrylith(?) ist. In einer Probe fand ich, daß dasselbe von konzentrierter Salpetersäure schwer, aber vollständig und ohne Abscheidung von Schwefel gelöst wird nach Eindampfen der Lösung, Aufnahme mit HCl und nach Zufügung eines Tropfens KCl zu selber und nachfolgendem Abdampfen eine starke KPtCl-Reaktion gab und nach Zufügen von Ammon auch einen starken Eisenniederschlag ergab.

Es ist demnach wohl ausgeschlossen, daß dies auch in würfeligen Kriställchen, wie das Platin, vorkommende speisgelbe, an Pyrit erinnernde Mineral tatsächlich eine Pyritader wäre, da es überdies in den Kristallen keinerlei Streifung auf den Würfelflächen, wie der Pyrit etwa, zeigt.

Auch Sperrylith ist ausgeschlossen, da an einer neuen zweiten Probe, Glühen von 3 Kriställchen im offenen Glasrohr, keine Arsentrioxydbildung stattfand und sich die speisgelben Würfelchen auch nach dem Glühen vor dem Gebläse ganz und gar nicht veränderten.

Ähnliche würfelige Kriställchen erwiesen sich auch als unlöslich in Salpetersäure, verloren auch bald beim Lösen in Königswasser die speisgelbe Farbe und wurden silberweiß wie das Platin. Diese Würfelchen scheinen demnach nur Platin mit einer speisgelben Anlauffarbe zu sein.

Erst spätere, an reichlicherem Material mögliche chemische Untersuchungen werden hierüber sichere Aufklärung geben.

Von Conceicao nordwärts gegen Serro reisend, hatten wir dank der freundlichen Aufnahme seitens des angesehenen Fazendeiros Corl. Pimenta Gelegenheit, innerhalb einer Woche die Umgebung von Campinas und Tapanhoacanga zu studieren, und eine Reihe kleinerer Exkursionen in der durch das häufige Vorkommen von zu Seifen- und Topfsteinen zersetzten, manchmal goldführenden Pyroxen- und Amphibolgesteinen und alten Minen interessanten Gegend unternehmen zu können.

An der Brücke, welche über den Ribeirao das Pedras, einem Zuflusse des Rio do Peixe, geht, unternahmen wir Waschproben, da dieser Platz ersichtlich in früheren Jahrzehnten von

alten »Mineiros« auf Gold und Diamanten ziemlich ausgebeutet wurde.

Proben aus den Flußsanden dieses schon ziemlich starken Flusses ergaben neben ziemlich reichlichem, stark gerollten, hochkaratigen Golde auch einige wenige stark gerollte, zirka 1 *mm* große Platinkörnchen.

Die Begleitminerialien sind hier genau dieselben wie in der Umgebung von Diamantina die der Diamanten, also vorherrschend gerollte schwarze Turmaline, Rutil, Disthen u. a., hier auffallend viel Epidot, wohl als ein Zersetzungsprodukt von Amphibol oder Pyroxenen deutbar, einem Gemengteil der in der Umgebung häufig auftretenden basischen Eruptivgesteine.

Neben dem vorwaltend hochkaratigen Golde findet sich auch hier wie an den anderen oben angegebenen Platinfundstellen wieder ein hellkupferrötliches Palladiumgold.

Auch in verschiedenen käuflich erworbenen Waschgoldproben, aus der Umgebung von Serro stammend, konnten mehrmals Platinkörner in denselben nachgewiesen werden.

Hervorhebenswert ist, daß das Platin nur auf dem östlichen Abhange der nach Diamantina sich hinziehenden Serra do Espinhaco und hauptsächlich in den Quellflüssen der Zuflüsse des Rio Tanque, Rio Itambe, Rio Peixe, Rio Sto. Antonio und weiter gegen Osten hin auch des Rio Guanhaes bisher nachgewiesen wurde.

Die meisten dieser kleinen Bäche und Flüsse haben ihren Ursprung in den schiefrigen Quarziten (Itacolumiten) der Höhe der Serra, die nur von konkordant denselben eingelagerten quarzarmen Phylliten begleitet sind und von wenig mächtigen basischen Eruptivgängen durchbrochen werden.

Bisher ist das Vorkommen von Platin in den diamantführenden Flüssen der Umgegend von Diamantina, die fast alle Tributäre des Rio San Francisco und des Rio Jequetinhonha sind, noch nicht bekannt geworden und hatte ich selbst

Gelegenheit, eine größere Menge des aus dem Rio Pinheiros, einem Zuflusse des Rio Jequetinhonha, ausgewaschenen Goldes zu untersuchen, ohne auch nur eine Spur von Platin darin zu finden. Auch in den vielen Hunderten von diamantführenden Sandproben, die ich seit 15 Jahren zu untersuchen die Gelegenheit hatte, fand sich kein Platin, auch kein Palladiumgold, sondern nur stark gerolltes hochkaratiges Gold.

Platin von Condado, Serro.

Als der nördlichst gelegene und bekannte Fundort des Platins auf dem Ostabhange der Serra do Espinhaco ist die alte Fazenda Condado, am Fuße des Itambe do Serro gelegen, respektive der diese durchfließende Corrego do Bom-Successo zu nennen, welchen Fundort auch Freund M. Lisboa besuchte und Platinproben mitbrachte.

Ein wallnußgroßes Stück Platin von dieser Lokalität war schon 1887 auf der Weltausstellung in Paris und befindet sich heute im Museum der Escola de Minas in Ouro-preto.

Der kleine Bach (Corrego Bom-Successo) hat sein Bett hier nur in den steil aufgerichteten schiefrigen Quarziten, die an einigen Stellen von schmalen Gängen amphibolitisierter Diabase durchsetzt werden, ganz so wie in der Umgegend von Diamantina.

Auch die mineralischen Begleiter des Platins sind hier genau dieselben wie in den diamantführenden Sanden (cascalhos) genannter Diamantregion.

Als solche sind folgende zu nennen:

a) in den feinsten Sanden: viel gerollter, farbloser und zum Teil rosenroter Zirkon, viele Eisenglanzblättchen und Magnetitoktaeder, nicht selten schwarze Turmalinfragmente, selten dünne Rutilprismen und Monazitkriställchen;

b) in den groben Sanden: außer viel Quarz sehr häufig große, stark gerollte, schwarze Turmalinfelsstücke (feijãos der Mineiros von Diamantina), viel Xenotim, sowohl prismatischer als auch oktaedrischer, und viel Eisenerze, Eisenglanz, Martit und Pyrit, kein Anatas.

Sehr selten fanden sich noch: Disthen, Zirkon und Columbit.

In den mittelfeinen Sanden fanden sich außer diesen selten noch frische Pyritwürfel.

Gold kommt auch hier wieder in zweierlei Form vor: als dunkles, hochkaratiges und als hellkupferrotes Palladiumgold, mit dem Platin in den schwersten feinen Sanden.

Das Platin dieser Fundstelle zeigt genau dieselben traubigen, mammellaren und kugeligen, innen hohlen Formen (Taf. II, Fig. 3), wie das oben von Tijucal beschriebene, nur daß hier in Condado viel größere Stücke von Platin gefunden werden und neue Waschproben auch ein 4 *g* schweres gerolltes Platinstück enthielten.

Stücke von $^1/_2$ *cm* Länge und 3 *mm* Breite sind nicht sehr selten, aber stets stark gerollt und von den scharfeckigen Quarzkörnern des Flußsandes zerkratzt. Kriställchen fanden sich hier im Vergleich zu Tijucal sehr selten und waren immer mikroskopische Würfelchen.

Infolge der vollkommenen Übereinstimmung dieser Platinvorkommen »Tijucal« und »Condado« nehme ich auch eine gleiche Entstehungsart für beide an, betonend, daß an eine primäre Bildung des Pt, etwa als Ausscheidung aus einem basischen Eruptivgestein, einem Olivinfels oder Gabbro, hier wohl nicht zu denken ist, sondern die Formen des stets ungerollten Platins deutlich zeigen, daß es eine sekundäre Bildung, wahrscheinlich Absatz aus Platinlösungen, herrührend von der Zersetzung platinführender Kiese oder einer dem Sperrylith ähnlichen Platinverbindung, ist und aus den an beiden Lokalitäten anstehend beobachteten schiefrigen Quarziten oder den dieselben überlagernden konglomeratischen Quarziten herstammt.

Da das Gold, wie erwähnt, an beiden Fundorten stets sehr stark gerollt ist, im Gegensatz zum Platin, so kommen beide Edelmetalle wahrscheinlich nicht an derselben Stelle vor, obwohl andrerseits Gold mit Platin verwachsen gefunden wurde.

Dies wird durch eine Beobachtung M. Lisboas bestätigt, der hervorhebt, daß der Corrego do Bom-Successo in Condado in seinen Quellwassern neben Diamanten nur Platin führt und sein Bachbett nur im konglomeratischen Quarzit hat, während

im unteren Laufe der Bach neben Platin auch relativ viel Gold, hochkaratiges und Palladiumgold enthält.

Das spezifische Gewicht des Platins von Condado wurde an Stückchen im Gewichte von 0·312, 0·267 und 0·2492 *g* als zwischen 15 bis 15·75 gefunden. Dasselbe ist demnach sehr verschieden von dem des Platins von Tijucal bei Conceicao.

Chemisch-qualitative Proben, an mehreren Körnern des Pt, von Serro ausgeführt, ergaben:

1. Daß es sehr reich an Palladium ist und demzufolge sich auch als sehr leicht löslich in schwachem Königswasser zeigt.

Die salzsaure Lösung gab nach Zufügung von wenig Chlorammon neben starker Platinreaktion, Kristallen von Ammonplatinchlorid in Form gelber isotroper Oktaederchen auch eine sehr starke Palladiumreaktion in Form langer, dunkelgelber, stark doppelbrechender und stark pleochroitischer Nadeln.

2. Im Filtrate konnte kein Eisenniederschlag gefunden werden.

3. Ist dies Platin, wie das von Tijucal, ganz unmagnetisch.

Bezüglich der genauen chemischen Konstitution dieses Platins können erst später, nach Vollendung ausführlicher quantitativer, chemischer Analysen an genügendem Material Mitteilungen gemacht werden.

Das spezifische Gewicht des Platins von Serro (Condado) kommt dem der meisten russischen Platinerze am nächsten, ist aber total durch den Eisenmangel von diesem verschieden. Ebenso steht es dem von Svanberg analysierten Iridiumplatin aus »Brazil« nahe im spezifischen Gewicht und muß auch ein hoher Palladiumgehalt im Platin, wie es bei unserem Vorkommen der Fall ist, das spezifische Gewicht herunterziehen, ein Reichtum an Iridium aber das Gegenteil bewirken.

So stimmt also das Platin von Condado bei Serro in vieler Hinsicht mit dem von Tijucal bei Conceicao überein, indem beide Formen zeigen, die auf eine sekundäre Bildung des Platins hinweisen, an beiden Orten die platinführenden Bäche ihren Ursprung nur in den schiefrigen Quarziten und den kon-

glomeratischen Quarziten, den in der Diamantregion von Diamantina herrschenden Formationen haben, in Gesteinen, die unzweifelhaft metamorphosierte Sedimente darstellen.

Andrerseits unterscheiden sich aber beide sehr hinsichtlich ihres spezifischen Gewichtes und damit in ihrer chemischen Zusammensetzung.

Hinsichtlich der Mächtigkeit der genannten Platinseifenlager von Tijucal und Condado konnten wir in der kurzen Zeit unserer Explorationsreise keine umfassenden Beobachtungen anstellen und daher jetzt noch kein definitives Urteil über die Abbauwürdigkeit derselben geben. Soweit unsere Beobachtungen gehen, sind die »Cascalholager« (Seifen) keine sehr mächtigen, da ja das Platin sich am reichlichsten auf der Höhe der Serra findet und daselbst die wasserarmen kleinen Bäche und Flüsse noch keine großen Erosionswirkungen hervorbringen konnten.

Andrerseits ist hervorhebenswert, daß die Seifenlager auf eine relativ weite Strecke hin sich als platinführend erwiesen, längs der ganzen Serra do Espinhaco, von Itambe do Matto Dentro bis gegen Itambe do Serro bei Diamantina hin und auch an den studierten beiden Fundorten Tijucal, z. B. 1 *cm* große, bei Condado bis 4 *g* schwere Platinkörner gefunden wurden.

Demzufolge bin ich der Ansicht, daß diese Region systematisch auf das Platinvorkommen hin untersucht werden soll und werden wir, ich und Kollege M. Lisboa, im Laufe des Jahres diesbezüglich weitere Studien unternehmen.

Als letzter bisher bekannter Fundort des Platins ist schließlich noch der Rio Abaete, gleichfalls im Staate Minas Geraes, zu nennen.

Platin vom Rio Abaete, Minas.

Bekannt war das Vorkommen von Platin im Rio Abaete, einem Zuflusse des Rio San Francisco, in alter Zeit (1801) Nova Lorena de Diamantina auch genannt, schon J. V. de Couto und v. Eschwege, wie schon oben im historischen Teil dieser

Mitteilung eingehend erörtert wurde. Letztgenannter Forscher gibt als platinreich den Nebenfluß Ribeirao do Andrade an.

In diesem Jahre wurden vom Staate Minas eine Reihe (6) von Konzessionen zur Ausbaggerung goldführender Flüsse des Staates erteilt und unter diesen befand sich auch der Rio Abaete.

Ich hatte Gelegenheit, durch Güte des Herrn Konzessionärs eine große Menge von Flußsandproben, nicht allein aus dem Flußbette des Rio Abaete selbst auf große Strecken hin, sondern auch von einer Reihe von Nebenflüssen desselben zu untersuchen.

Der Rio Abaete entspringt in der Serra da Matta da Corda, im Süden von Minas Geraes, einer Serra, die am linken Ufer des Rio San Francisco entlang sich nach Norden zieht, und zwar ziemlich parallel mit der Serra do Espinhaco, westlich davon gelegen.

Die von dieser Serra, sowohl südöstlich hin die Zuflüsse des Rio Abaete als auch die nordwestlich dieser Serra befindlichen Zuflüsse des Rio Paracatu, wie der Rio do Somno, Rio Sto. Antonio sind schon zu v. Eschweges Zeiten als diamantführend bekannt. Die geologische Beschaffenheit dieser Gegend ist aber im Vergleich zu der Diamantinas sehr verschieden, indem hier keine Schiefergesteine der Itabirit-Itacolumitserie erscheinen, sondern Schichtenglieder der fossilleren paläozoischen Gruppe, wie selbe im Tale des Rio San Francisco auftritt, Tonschiefer, Sandsteine, dünngeschichtete und graue Kalke.

Deshalb ist von vornherein schon das vollständige Fehlen der für die Diamantsande der Gegend von Diamantina hochcharakteristischen Minerale in den Diamantsanden von Rio Abaete bemerkenswert, indem hier die Titanminerale, Granitminerale etc. fehlen und Jaspisgeschiebe neben »Favas« (von spezieller Zusammensetzung) neben Quarz und den erwähnten Gesteinsbrocken vorherrschen.

Die den Diamant im Rio Abaete begleitenden Mineralien zeigen aber eine große spezifische Ähnlichkeit mit denen der Diamantregion von Bagagem und Canoas-Paracatu, im Südwesten von Minas Geraes, indem in allen

diesen Lokalitäten folgende Minerale sehr charakteristisch sind:

1. Stark gerollte, meist bohnengroße, hell- bis dunkellederbraune Körner eines dichten Phosphates, das nach neuerlichen, von meinem Kollegen W. Florence ausgeführten Analysen als ein wasserhältiges Barium-Aluminium-Phosphat erkannt wurde und in großer Menge vorkommt, dort als »marumbe« von den Arbeitern (garimpeiros) bezeichnet wird.

2. Ziemlich viel 2 bis 3 *mm* große Granatkörner, Almandin und Pyrop.

3. Erbsengroße Stücke des von mir seinerzeit aus den Diamantsanden von Agua-Suja und Bagagem, nördlich von Uberaba beschriebenen blaugrauen Titanoxyds, das in genannter Gegend gleichsam als ein Leitmineral des Diamants angesehen wird und als »bagageira« bezeichnet wird.

In den feinsten Sanden findet sich noch:

4. Sehr reichlich 1 bis 2 *mm* große, meist noch scharfkantige Oktaederchen von Magnetit.

5. Ebensolche winzige Kriställchen von im feinsten Pulver dunkelbraun durchsichtigem isotropen Chromit, der vor dem Lötrohre leicht die Chromreaktion gibt, jedoch viel seltener.

6. Endlich noch ziemlich reichlich kaum 1 bis 2 *mm* große, fast immer scharf ausgebildete, schwarze Würfelchen von Perowskit, der unter dem Mikroskop sich als mit violbrauner Farbe durchsichtig, zwillingslamelliert und optisch anomal erweist, auch vor dem Lötrohr leicht die Titanreaktion gibt.

Das reichliche Vorkommen der genannten Titanminerale, Titanoxyd und Perowskit, in den Sanden des Rio Abaete und dessen linker, von der Serra da Matta da Corda entspringenden Zuflüsse, wie des Magnetits ist leicht erklärlich, da schon 1880 Kollege Ingenieur Fr. P. de Oliveira (Ann. da Esc. de Minas, Ouro preto, Vol. I, 1881, p. 35 bis 95) auf einer Studienreise in die Gegend von Abaete Gesteinsproben vom linken Ufer des Rio Abaete, der Umgegend von Areado und anderen Orten mitbrachte, die zum Teil als Diabase, zum Teil als Gesteine der Lherzolithgruppe erkannt wurden.

So fand sich ein grobkörniges Olivin-Pyroxengestein nahe der Fazenda do Buracao, ein typischer, an Perowskit sehr

reicher Pikritporphyr nahe Areado und am Corrego do Andaime. Auch das Vorkommen von körnigen, wohl titanreichen Magneteisensteinen in dieser Gegend wurde von Oliveira mehrfach beobachtet.

Es erscheint mir als sehr wahrscheinlich, daß alle diese genannten Gesteine, Diabase, Olivingesteine und Magneteisenerze miteinander in genetischem Zusammenhange stehen und bin ich auch der Ansicht, daß das Platin, wie das des Urals, hier aus den Olivingesteinen stammt.

Das Platin, von v. Eschwege sowohl im Hauptflusse Abaete wie besonders im Nebenflusse Andrade angegeben, konnte jetzt nach den in diesem Jahre von dem Konzessionär des Flusses Herrn V. Nothmann ausgeführten Studien weder im Hauptflusse noch im Corrego de Andrade wiedergefunden werden, wohl aber in mehreren linken Seitenzuflüssen des Rio Abaete, nahe der alten Villa Matheus Jose, im Unterlaufe des Abaete, nahe dem Zuflusse in den Rio San Francisco. Es wird hier stets von wenig und stark gerolltem Golde begleitet, während v. Eschwege als charakteristisch für dies Platinvorkommen das Fehlen des Goldes angab.

Das Platin des Rio Abaete und der Zuflüsse desselben unterscheidet sich in vieler Hinsicht von dem aus der Gegend von Conceicao-Serro, so:

1. Ist das Platin von Abaete fast durchwegs nur in stark gerollten dünnen Blättchen, niemals in den von Conceicao und Condado beschriebenen merkwürdigen Wachstumsformen, selten in kaum $^1/_4$ *mm* großen kubischen Kristallen an den Kanten sichtlich abgerollt, zu finden.

2. Ist es zum Teil sehr stark magnetisch und können hier, wie in manchen uralischen Platinsanden, ein magnetischer Pt-Teil neben einem unmagnetischen Pt-Teil abgetrennt werden.

3. Ist es in Königswasser relativ leicht löslich und gab eine starke Eisenreaktion, Palladium konnte in diesem Platin nicht nachgewiesen werden.

Da die mineralischen Begleiter des Platins von Abaete vornehmlich aus Perowskit, Chromit und Magnetit bestehen und gerade in der Umgegend dieser platinführenden Flüsse, von der Serra da Matta da Corda entspringend, Olivingesteine im

Verein mit Diabas anstehend nachgewiesen sind, so bin ich der bereits ausgesprochenen Ansicht, daß das Platin von Abaete aus diesen Olivingesteinen stammt, ganz wie das des Urals.

Resumé.

1. Das Platin ist in Brasilien schon seit zirka 100 Jahren bekannt, wurde aber anfänglich, als das Palladium noch nicht entdeckt war, vielfach mit dem Palladiumgolde verwechselt und werden als Fundorte das Municip Serro Frio und der Rio Abaete angegeben.

2. Durch die in den letzten zirka 30 Jahren ausgeführten Explorationen und Studien konnte die Zahl der Platinfundorte vermehrt werden, so daß Platin nun bekannt ist:

a) Als seltener Einsprengling in der den Itabiriten eingelagerten goldreichen Jacutinga, wie von Gongo Socco.

b) In goldführenden Quarzgängen des kristallinischen Schiefergebirges am Rio Bruscus, Pernambuco.

c) In Begleitung des hier selteneren Diamants, wahrscheinlich aus den konglomeratischen Quarziten stammend, auf dem Ostabhange der Serra do Espinhaco, von Itambe do Matto Dentro bis Itambe do Serro hin.

d) Im Rio Abaete und dessen linken Zuflüssen, hier sehr wahrscheinlich aus Olivingesteinen stammend.

3. Hervorhebenswert ist der große Unterschied der genannten Platinmetalle (sub *c* und *d*), indem das eine Platin von Conceicao, mit D 20·5, als unmagnetisch und palladiumfrei, das von Condado als unmagnetisch und palladiumreich und das von Abaete als stark magnetisch, palladiumfrei, aber eisenreich gefunden wurde. Die D des Pt von Condado ist 15 bis $15^1/_2$. Von dem Platin des Rio Abaete konnte keine Bestimmung des spezifischen Gewichtes ausgeführt werden, da es unmöglich war aus dem feinen Pulver das Platin frei von Gold und Perowskit zu trennen.

4. Während das Platin in den sub 2 *a*, *b* und *d* genannten Lokalitäten sicher ein primärer Gemengteil oder Bildung ist, so erscheint mir diese Annahme ausgeschlossen zu sein für das Platinvorkommen längs der Serra do Espinhaco, wo das Platin in Begleitung des Diamants aus konglomeratischen

Quarziten stammt und eine so eigentümliche Form aufweist, daß man nur an eine sekundäre Bildung des Platins hier denken kann, etwa aus Lösungen abgesetzt aus zersetzten platinführenden Kiesen, wie eine solche Bildung ganz gut denkbar ist, nachdem in den United States und Norwegen platinführende Kiese, wie Pyrrhotin, Covellin und Chalkopyrit nachgewiesen wurden und auch der Sperrylith aufgefunden ward.

Erklärung zu Tafel I.

Kalksilikatgestein von Candonga (Kontaktkalk).

Figur 1. Inmitten von Calcit liegend, ist ein abgerundetes, randlich in Serpentin zersetztes Chondroditkorn sichtbar.

Figur 2. Körniges Gemenge von Calcit, Chondroditkörnern und schwarzem Magnetit.

Figur 3. (Unten) faseriger Amphibol, farblose Pyroxenstengel einschließend, (oben) Magnetit.

Figur 4. (Unten) Pyroxen, Magnetitkörner einschließend, (oben rechts) Calcit, (links) Calcit mit Magnetit.

(Dünnschliffe der neu von M. Lisboa gesammelten Proben vom alten Wasserstollen der Mine Candonga.)

Erklärung zu Tafel II.

Kalksilikatgestein von Candonga.

Figur 1. (Oben und unten) Pyroxen, (Mitte) wenige Calcitkörner und etwas Amphibol, (rechts und links) Magnetit.

(Schliff von der [WH]-Probe.)

Platin von Tijucal und Serro.

Figur 2. Zwei Platinstücke, Ober- und Unteransicht, von Tijucal bei Conceicao.

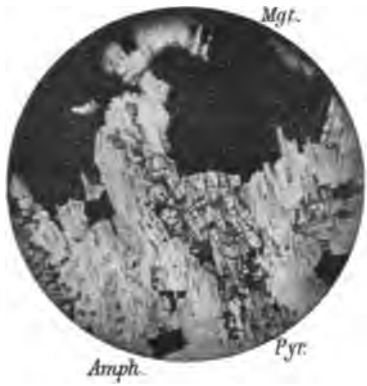
Figur 3. Ein 0·5 *mm* großes stalaktitisches Platingebilde von Condado, Serro.

1.

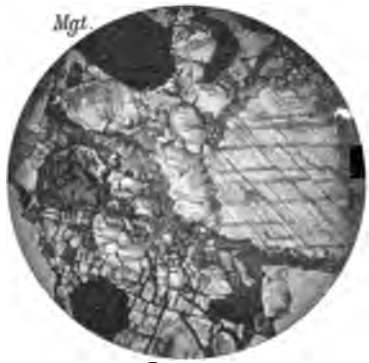
2.

Candonga.

3.



4.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Digitized by Google

1. *Candonga.*

2.

3.

Platin von Tijucal und Serro.

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Digitized by Google

Grafe V., Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 253—295.

Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte.
Grafe V., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 253—295.

Holzsubstanz, Untersuchungen über dieselbe vom chemisch-physiologischen Standpunkte.
Grafe V., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 253—295.

Höfer H., Der Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Tertiärformation bei Ossegg (Böhmen).
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Ossegg (Böhmen), Salesiussandstein.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Böhmen, Sandstein bei Ossegg.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen).
Höfer J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Miozän, der Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen).
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Grafe V., Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 253—295.

Untersuchungen über die Holzsubstanz vom chemisch-physiologischen Standpunkte.
Grafe V., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 253—295.

Holzsubstanz, Untersuchungen über die Elbe vom chemisch-physiologischen Standpunkte.
Grafe V., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 253—295.

Höfer H., Der Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen).
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Tertiärformation bei Ossegg (Böhmen).
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Ossegg (Böhmen), Sale-Jussandstein.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Böhmen, Sandstein bei Ossegg.
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen).
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Miozan, der Sandstein der Salesiushöhe bei Ossegg (Böhmen).
Höfer H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 296—306.

Siebenrock F., Die südafrikanischen *Testudo*-Arten der *Geometrica*-Gruppe s. l.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 307—324.

Südafrikanische Testudo-Arten der *Geometrica*-Gruppe s. l.
Siebenrock F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 307 - 324.

Testudo-Arten, südafrikanische, der *Geometrica*-Gruppe s. l.
Siebenrock F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 307—324.

Thum E., Über statocystenartige Ausbildung kristallführender Zellen.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 327- 342.

Statocystenartige Ausbildung kristallführender Zellen.
Thum E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 327—342.

Kristallführende Zellen in statocystenartiger Ausbildung.
Thum E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 327—342.

Bobisut O., Zur Anatomie einiger Palmenblätter.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 345—378.

Palmen, Anatomie der Blätter einiger Arten.
Bobisut O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 345—378.

Anpassung des anatomischen Baues der Palmenblätter an die natürlichen Standortsverhältnisse.
Bobisut O., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 345—378.

Hussak E., Über das Vorkommen von Palladium und Platin in Brasilien. Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 379–466.

Palladium, Vorkommen von ... und Platin in Brasilien. Hussak E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 379–466.

Platin, Vorkommen von Palladium und ... in Brasilien. Hussak E., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 379–466.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. VIII. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Über den Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Laubentwicklung sommergrüner Holzgewächse.

Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete.

IV. Abhandlung

von

Julius Wiesner,
w. M. k. Akad.

(Vorgelegt in der Sitzung am 16. Juni 1904.)

Auf die große Bedeutung des diffusen Tageslichtes für das Gedeihen der Pflanzen habe ich zuerst die Aufmerksamkeit gelenkt. Mehrmals kam ich in meinen Schriften auf diesen wichtigen Gegenstand zurück, denselben von verschiedenen Seiten beleuchtend.[1]

Ich habe aber dabei Gelegenheit gefunden, auch das Eingreifen des direkten Sonnenlichtes in die Entwicklung der Pflanzen zu erörtern. Ich zeigte, wie in kalten Vegetationsgebieten, sei es im alpinen oder im arktischen Gebiete, die direkte Sonnenbestrahlung fördernd auf die Entwicklung der Pflanzen wirkt,[2] hob aber auch hervor, wie in trockenen Gebieten der warmen und heißen Länder die Pflanze sich gegen die starke Insolation wehrt.[3] Auch im heißfeuchten Vegetationsgebiete finden sich zahlreiche Einrichtungen, welche

---

[1] Die heliotropischen Erscheinungen II. Teil, Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss., Bd. 43 (1880); Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. Diese Sitzungsber., I., Bd. 102 (1893), II., Bd. 104 (1895), III., Bd. 109 (1900). Weitere Hinweise in meiner Biologie, 2. Aufl. Wien 1902.

[2] Photometrische Untersuchungen III.

[3] Photometrische Untersuchungen III.

der Pflanze dazu dienen, allzustarkes Licht abzuwehren.[1] Indes selbst unter den Holzgewächsen der gemäßigten Zone werden solche Schutzeinrichtungen wahrgenommen. Es tritt uns dies am anschaulichsten bei jenen Sträuchern und Bäumen entgegen, welche panphotometrische Blätter ausbilden, das sind solche Blätter, welche allerdings befähigt sind, einen großen Teil starken diffusen Lichtes aufzunehmen, aber auch einen mehr oder minder großen Teil des Sonnenlichtes abzuwehren.[2] Hingegen bringen uns die zahllosen Gewächse mit euphotometrischem[2] Laube die hohe Bedeutung des diffusen Tageslichtes zur Anschauung: Diese Gewächse stellen ihre Flächen konstant senkrecht auf die Richtung des stärksten diffusen Lichtes des ihnen zukommenden Lichtareals.

Durch eingehende photometrische Studien bin ich zu dem Resultate gelangt, daß unsere krautartige Frühjahrsvegetation, insbesondere jene Frühlingspflanzen, welche sehr frühzeitig sich entfalten und auf freiexponierten Standorten auftreten, durch die Sonnenbeleuchtung eine Förderung erfahren, desgleichen unsere sommergrünen Holzgewächse, deren Laubentwicklung in das Frühjahr fällt, gerade rücksichtlich ihrer Laubbildung.

Über die Förderung der Frühlingsvegetation durch direkte Besonnung werde ich bei späterer Gelegenheit meine Erfahrung mitteilen. Die vorliegende Schrift hat den Zweck, zu zeigen, wie sich die sommergrünen Holzgewächse unter sonst gleichen Vegetationsbedingungen verhalten, wenn sie ausschließlich dem diffusen Lichte ausgesetzt sind und wie sie sich ausbilden, wenn sie auch der Sonnenbeleuchtung zugeführt werden.

Es scheint mir aber hier notwendig, zunächst an eine wichtige Tatsache zu erinnern, welche ich schon bei früherer Gelegenheit eingehend erörtert habe, nämlich die Beschaffenheit des bei sogenannter Sonnenbeleuchtung herrschenden Lichtes betreffend.

[1] Wiesner, Pflanzenphysiologische Mitteilungen aus Buitenzorg, I. Beobachtungen über die Lichtlage tropischer Gewächse. Diese Sitzungsber., Bd. 103 (1899).

[2] Wiesner, Über die Anpassung des Laubblattes an die Lichtstärke. Biologisches Zentralblatt, Bd. 19 (1899).

Es gelingt nämlich nur im Experiment, reines (paralleles) Sonnenlicht auf die Pflanze einwirken zu lassen. Unter natürlichen Verhältnissen ist die Pflanze bei bedecktem Himmel der ausschließlichen Wirkung des diffusen Tageslichtes ausgesetzt; ist aber der Himmel unbedeckt, so fällt auf die Pflanze immer ein Gemisch von direktem Sonnen- und diffusem Tageslichte. Gewöhnlich spricht man in einem solchen Falle von direkter Sonnenbeleuchtung und beachtet nicht den Strahlungsanteil, welcher als zerstreutes Licht auf die Pflanze wirkt. Dieser Anteil kann aber bei niederem Sonnenstande sogar bedeutend größer sein als der von der Sonne direkt ausgehende. Ich kann auf diesen Gegenstand hier nicht näher eingehen, sondern muß mich mit diesen Bemerkungen begnügen und verweise im übrigen auf meine diesbezüglich veröffentlichten Untersuchungsergebnisse.[1]

In meinen bisher veröffentlichten Studien über den Lichtgenuß der Holzgewächse habe ich fast ausschließlich nur auf jene Werte des Lichtgenusses Rücksicht genommen, welche sich einstellen, wenn die Belaubung vollendet ist. Dann ist der Lichtgenuß innerhalb bestimmter Grenzen stationär geworden. Durchgängig sind in meinen zahlenmäßigen Angaben über den »Lichtgenuß« (»Photolepsie«)[2] nur die stationären Werte gemeint.

---

[1] Untersuchungen über das photochemische Klima von Wien, Kairo und Buitenzorg (Java) von J. Wiesner unter Mitwirkung von W. Figdor, F. Krasser und L. Linsbauer. Denkschr. d. kais. Akad. d. Wiss. mathem.-naturw. Kl., Bd. 44 (1896). Ferner: Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas im arktischen Gebiete. Ebenda, Bd. 47 (1898).

[2] Ich wurde von mehreren Seiten ersucht, für den Ausdruck »Lichtgenuß« einen (griechischen) internationalen Ausdruck in Anwendung zu bringen. So unter anderen von Percy Groom, dem Übersetzer von Schimper's Pflanzengeographie auf pflanzenphysiologischer Grundlage. Ich meinte nun, daß sich der deutsche Terminus einbürgern würde. Späteren Anregungen habe ich Folge gegeben, schon aus dem Grunde, weil, wenn nicht von meiner Seite der gewünschte Terminus eingeführt werden würde, dies von anderer Seite geschehen würde. Ich habe ähnliches ja selbst erlebt; man hat die von mir entdeckte Beschleunigung der Transpiration grüner Pflanzen im Lichte als Chlorovaporation bezeichnet. So schlug ich also den Ausdruck »Photolepsie« (Compt. rend. 1904 Mai) vor. Die Folge wird lehren, ob dieser Terminus mehr Anwert finden wird als der bisher gebrauchte Ausdruck »Lichtgenuß«.

Allein ich wies schon früher auf die geringe Lichtreduktion, welche in der Krone entlaubter Holzgewächse stattfindet, hin und hob die Vorteile hervor, welche durch diesen hohen Lichtgenuß der Pflanze während der Belaubung zufallen. Auch betonte ich die in ökologischer Beziehung bemerkenswerte Tatsache, daß sich in der Regel nur solche Sträucher als Unterholz im Walde ansiedeln können, welche ihr Laub entfalten, bevor der Wald selbst belaubt ist.[1]

Auch habe ich später das Sinken des Lichtgenusses vom Beginne der Belaubung bis zur Erreichung des stationären Wertes an einem speziellen Beispiele (Birke, *Betula alba [verrucosa]*) erläutert[2] und in einer Note, in welcher ich die Anpassung der Pflanze an die Lichtstärke erörterte, meine bis dahin gesammelten diesbezüglichen Erfahrungen in den Satz zusammengefaßt, daß die Minima des Lichtgenusses vom Beginne bis zur Vollendung der Belaubung immer mehr und mehr sinken und endlich einen stationären Wert annehmen.[3]

Für die Zwecke der vorliegenden Abhandlung ist es erforderlich, auf diesen Gegenstand näher einzugehen. Vor allem führe ich einige meiner Beobachtungen über die im Beginn der Belaubung herrschenden Minima des Lichtgenusses an und stelle dem »Anfangsminimum« den entsprechenden stationären Wert gegenüber, um zu zeigen, wie hoch im Vergleiche zu dem letzteren die ersteren sich gestalten.

	Anfangsminimum		Stationärer Wert
1. *Larix decidua*	$\frac{1}{1\cdot 2}$	bis	$\frac{1}{5}$
2. *Ailanthus glandulosa*	$\frac{1}{1\cdot 4}$	bis	$\frac{1}{22}$
3. *Acer platanoides*	$\frac{1}{3}$	bis	$\frac{1}{55}$
4. *Fagus silvatica* (Waldbaum) ..	$\frac{1}{3}$	bis	$\frac{1}{60}$

[1] Photom. Unters., I, p. 312.

[2] Photom. Unters., II, p. 660.

[3] Compt. rend. 1904 Mai. Vgl. auch Photom. Unters., II, p. 660.

In Betreff der Anfangsminima seien noch folgende Beispiele angeführt:

Crataegus oxyacantha	$\frac{1}{2 \cdot 2}$ bis $\frac{1}{3}$
Prunus Padus	$\frac{1}{2 \cdot 2}$ bis $\frac{1}{3 \cdot 5}$
Ulmus campestris	$\frac{1}{1 \cdot 5}$ bis $\frac{1}{5}$
Viburnum lantana	$\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{3}$
Platanus occidentalis	$\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{4}$

Damit ist also ausgedrückt, daß z. B. die Platane im Beginne der Belaubung die Hälfte bis ein Viertel des gesamten Tageslichtes empfängt, *Viburnum lantana* die Hälfte oder den dritten Teil desselben u. s. w.

Diese Anfangsminima scheinen weniger konstant als die nach Vollendung der Belaubung sich einstellenden stationären Werte der Photolepsie zu sein. Daß indes auch diese letzteren mit der geographischen Breite und Seehöhe sich verändern und auch nicht unbeeinflußt sind von den Ernährungsverhältnissen der Individuen und noch anderen Momenten, habe ich in früheren Abhandlungen genügend auseinandergesetzt.

Wenn man die Anfangsminima mit den stationären Minimis vergleicht, so springt wohl in die Augen, daß erstere stets beträchtlich höher als die letzteren sind; doch findet keine feste Proportionalität zwischen den ersteren und den letzteren statt. Aber insoferne scheint doch ein Parallelismus zwischen beiden vorzuherrschen, als häufig einem hoch gelegenen stationären Werte ein relativ hohes Anfangsminimum entspricht.

Beim Niederschreiben dieser Abhandlung (Mai 1904) kam mir eine sehr interessante und inhaltsreiche Schrift von Hesselman[1] zu, in welcher im Anschlusse an meine Unter-

[1] Henrik Hesselman, Zur Kenntnis des Pflanzenlebens schwedischer Laubwiesen. Mitteilungen aus dem bot. Inst. der Universität zu Stockholm. Jena 1904. (Beihefte zum bot. Centralblatt.)

suchungen über den Lichtgenuß der Pflanzen sehr eingehende Beobachtungen über den Lichtgenuß sommergrüner Gewächse mitgeteilt werden. In dem Kapitel »Über die Bedeutung des Frühlingslichtes auf die Ausbildung des Assimilationsgewebes etc.«[1] weist Hesselman auf die hohen Lichtintensitäten hin, welche die sommergrünen Gewächse zur Zeit des Austreibens der Knospen genießen und bestimmt dieselben nach meiner Methode für *Corylus avellana* mit $\frac{1}{2 \cdot 5}$ bis $\frac{1}{3}$.

Hesselman ist also bezüglich der Anfangsminima zu analogen Resultaten wie ich gekommen.

Diese hohen Minima, welche im Beginne der Belaubung herrschen, deuten schon darauf hin, daß in dieser Periode das Sonnenlicht viel reichlicher auf das sich entwickelnde Laub einwirken muß, als wenn die Belaubung vollzogen ist. Schon der Augenschein lehrt, daß die Einstrahlung von Sonnenlicht in den vollkommen belaubten Baum je nach der Art desselben dem Grade nach eine sehr verschiedene ist. Man vergleiche etwa die Buche mit der Lärche. Es ist ohneweiters ersichtlich, daß die Menge des direkten Sonnenlichtes, welches in die belaubte Krone der Lärche einstrahlt, weitaus größer sein wird als jene, welche in die Buche eindringt.

So gewinnt es also schon von vornherein den Anschein, daß die Holzgewächse desto mehr an die direkte Sonnenbestrahlung angewiesen sind, je höher die Minima des Lichtgenusses gelegen sind.

Von nicht geringem Interesse erscheint mir die Tatsache, daß man im Experimente die Laubentwicklung bei weitaus niedereren Lichtintensitäten herbeiführen kann, als jene Lichtstärken sind, unter welchen sie sich in der freien Natur zu vollziehen beginnen. Es muß hiebei aber die Beleuchtung so gewählt werden, daß die einzelnen Sprosse der zu untersuchenden Pflanze nicht wie in der Natur ungleichen, sondern möglichst gleichen Beleuchtungen ausgesetzt sind. Man erreicht im Experimente die gleichmäßige Beleuchtung entweder durch langsame Rotation der aufrechten Pflanze um eine vertikale Achse

[1] L. c. p. 402 bis 410.

oder durch ausschließliche Beleuchtung in gleichmäßigem Oberlichte oder indem man an einer aufgerichteten Pflanze nur die dem Vorderlichte zugewendeten Knospen zur Entfaltung kommen läßt und die anderen verdunkelt oder wegschneidet.

Nunmehr kann man das Laub sommergrüner Holzgewächse bei einer Lichtintensität zur Entwicklung bringen, welche nicht nur tief unter dem Anfangsminimum gelegen ist, sondern selbst bei Lichtstärken, welche unterhalb des Minimums des Lichtgenusses (stationärer Wert) gelegen sind. So sah ich bei mehreren Versuchen das Laub von *Acer platanoides* sich anscheinend noch normal bei einer Lichtintensität von $\frac{1}{100}$ entwickeln, während, wie ich schon hervorhob, das Anfangsminimum für die Laubentwicklung dieses Baumes bei $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4 \cdot 2}$ gelegen ist und das stationäre Minimum dem Werte $\frac{1}{55}$ entspricht. Bei $\frac{1}{100}$ (Ende April und anfangs Mai) sah ich noch keine Spur von Etiolement; dies stellte sich erst bei viel kleineren Lichtintensitäten ein. Selbst bei $\frac{1}{1000}$ war aber noch kein vollständiges Etiolement zu konstatieren.

Wie kommt es nun, daß die in der freien Natur zur normalen Entwicklung gelangenden Individuen sommergrüner Holzgewächse so hohe Minima aufweisen? Der Grund hiefür liegt in der Tatsache, daß die im hellen (günstigen) Lichte zur Entwicklung gelangenden Sprosse die minder gut beleuchteten mehr oder minder vollständig zu unterdrücken vermögen. Ich habe mich durch Lichtmessungen davon überzeugt, daß Laubknospen in einem zu ihrer Entwicklung ausreichenden Lichte zugrunde gehen, wenn andere Knospen besser beleuchtet sind. So fand ich, daß bei *Acer platanoides* Laubknospen, welche einem Lichtgenuß von $\frac{1}{40}$ ausgesetzt sind, durch Knospen unterdrückt werden, welche eine Lichtstärke von $\frac{1}{3}$ genießen. Bei *Philadelphus coronarius* kann man häufig schon ohne Lichtmessung die Unterdrückung minder gut beleuchteter Knospen

wahrnehmen. Knospen, welche $\frac{1}{2}$ genießen, unterdrücken oft schon Knospen, welche $\frac{1}{20}$ ausgesetzt sind und doch bildet sich dieser Strauch noch bei $\frac{1}{35}$ anscheinend gut aus.[1]

Auch bei krautartigen Pflanzen liegen die im Freien beobachteten Minima des Lichtgenusses beträchtlich höher als jene, welche im Experiment zu beobachten sind.

Diese Erscheinung ist darauf zurückzuführen, daß man in der Kultur alle Konkurrenz ausschließt, in der freien Natur aber

---

[1] Auf die merkwürdige Korrelation der Laubentwicklung ungleich beleuchteter Seitensprosse habe ich schon vor längerer Zeit (1895) hingewiesen. (Lichtgenuß der Pflanze mit Rücksicht auf die Vegetation von Wien etc., l. c. p. 608). Es wird dort auf Grund von Versuchen, welche mit verschiedenen sommergrünen Holzgewächsen angestellt wurden, gezeigt, »daß die am günstigsten beleuchteten Knospen zur normalen Entwicklung kommen und die ungünstig beleuchteten unterdrücken« und es wird diese Erscheinung »als Folge einer durch das Licht induzierten Korrelation der Organe« dargestellt. Es ist diesbezüglich auch zu vergleichen: Wiesner Photom. Unters. I. (1893).

In der zuerst genannten Abhandlung habe ich auf eine interessante Arbeit von Jost, Ber. d. Deutsch. Bot. Ges., Bd. XII (1894), p. 194, reflektiert, welche den Einfluß der Beleuchtung und Verdunklung auf die Laubentwicklung der Rotbuchen erörtert.

Jost ist zu folgenden Resultaten gelangt:

1. Der ganze Baum am Licht: Allgemeine Wachstumsförderung durch das Licht; alle Knospen treiben aus.

2. Der ganze Baum im Dunkeln: Allgemeine Wachstumshemmung; nur einzelne Knospen treiben und verhindern die andern am Wachsen.

3. Der Baum im allgemeinen am Licht, nur einzelne Knospen verdunkelt: Förderung aller Lichtknospen; anderseits Hemmung der im Dunkeln befindlichen Knospen sowohl durch die Dunkelheit als auch durch die andern treibenden Knospen.

4. Der Baum im Dunkeln, nur einzelne Knospen im Lichte: Normales Austreiben der am Lichte befindlichen Zweige; nicht so vollkommene Hemmung der Knospen im Dunkeln, wie im vorigen Falle.

Jost findet also, daß auch im Finstern die besser sich entwickelnden Knospen die andern unterdrücken. Gerade jener Fall, der zur Erklärung der hohen Anfangsminima des Lichtgenusses normal beleuchteter Bäume heranzuziehen ist, nämlich das Verhalten ungleich beleuchteter Sprosse, ist von Jost nicht in Betracht gezogen worden.

die Pflanze den Kampf mit zahlreichen Konkurrenten zu führen hat und bei geringeren als jenen Lichtintensitäten, bei welchen wir sie im Freien gedeihen sehen, andern Mitbewerbern weichen muß.

Die Epitrophie der Verzweigung beruht, so weit sie in der Ontogenese zustande kommt (z. B. bei *Salix*), auf diesem Verhalten. Bei vertikaler Stellung der Hauptsprosse kann dieses Verhalten zur Unterdrückung von tiefer stehenden Sprossen durch höher situierte führen. Durch amphitrophe Verzweigung weicht die Natur den Verlusten an Trieben aus, welche im Gefolge dieses merkwürdigen Verhaltens sich einstellen.[1]

Auf diese und ähnliche Verhältnisse habe ich schon bei früheren Gelegenheiten die Aufmerksamkeit gelenkt.[2]

Die außerordentliche Höhe der Anfangsminima der Photolepsie sommergrüner Gewächse macht es schon von vornherein sehr wahrscheinlich, daß das Sonnenlicht bei der Laubentwicklung derselben beteiligt ist. Inwieweit das Sonnenlicht (nämlich in dem oben erörterten Sinne) hierbei eine Rolle spielt, ob es für die Laubentwicklung notwendig ist oder nur begünstigend eingreift, soll auf Grund meiner Beobachtungen in Kürze erörtert werden.

Vorher möchte ich aber noch auf Versuche zurückverweisen, welche ich mit verschiedenen krautigen unter normalen Verhältnissen befindlichen Pflanzen verschiedener Art, darunter auch solchen, welche an sonnigen Standorten vorkommen, anstellte, um zu prüfen, ob man im stande ist, dieselben ausschließlich im diffusen Tageslichte zur vollkommenen Entwicklung zu bringen. Es waren dies *Reseda odorata*, *Impatiens Balsamina*, *Tropaeolum majus*, *Ipomœa purpurea* und *Sedum acre*. Die Pflanzen waren so aufgestellt, daß sie nur von Norden her beleuchtet waren. Die Aufstellung war allerdings insoferne eine für diese Pflanzen sehr günstige, als sie ungehindert fast das Licht des halben Himmels empfingen. Ich hatte dabei den Vorteil, daß die Versuchspflanzen stets an derselben Stelle

---

[1] Über epitrophe und amphitrophe Verzweigung. Wiesner, Anisomorphie. Diese Sitzungsberichte, Bd. 101 (1892).

[2] Phot. Untersuchungen, II, p. 608.

bleiben konnten, ohne auch nur von einem einzigen Sonnenstrahl getroffen zu werden. Ich brauchte nur in der kurzen Periode, in welcher die Sonne so weit nach Norden vorgeschritten war, daß sie ein paar Tage hindurch meine Versuchsobjekte durch kurze Zeit schwach streifte, für eine Abblendung der direkten Sonnenstrahlen zu sorgen. Die Beleuchtung war eine schwache, wie meine lichtklimatischen Untersuchungen lehren. Um die Beleuchtung des Nordhimmels im Vergleiche zu andern Orientierungen zu charakterisieren, hebe ich folgende Beobachtung hervor:

Das Lichtintegral betrug in Wien am 24. Mai 1898 bei einer Lichtsumme des gesamten Tageslichtes = 342, am Nordhimmel = 52, am Südhimmel = 172, am Osthimmel = 121 und am Westhimmel 117.[1] Meine Versuchspflanzen waren während der ganzen Versuchszeit (April bis September) im Durchschnitte bloß etwa dem vierten Teile des gesamten Tageslichtes ausgesetzt, welches letztere sie vollständig genossen hätten, wenn sie völlig frei exponiert gestanden wären. Aber trotz der angewendeten relativ schwachen Beleuchtung kamen die ersten vier Pflanzen zur Blüte, ja zur Fruchtreife und bildeten keimfähige Samen aus. *Reseda* erzeugte nur verhältnismäßig wenige Blüten. *Sedum acre* bildete unter den gegebenen Beleuchtungsverhältnissen die Vegetationsorgane sehr gut aus, gelangte aber nicht zur Blüte.[2]

Es ist aus diesen Versuchen zu ersehen, daß selbst sehr lichtbedürftige Pflanzen ohne Sonnenlicht sich vollkommen normal entwickeln können, selbst wenn sie nur etwa dem vierten Teil des gesamten Tageslichtes ausgesetzt sind.

Meine Versuche mit sommergrünen Holzgewächsen wurden in der gleichen Weise wie die mit den früher genannten fünf Pflanzenarten vorgenommen. Ich berichte zuerst über die mit der Buche *(Fagus silvatica)* angestellten Versuche. Die Bäumchen waren in Topfkultur gehalten. Ein Teil derselben

---

[1] Wiesner, Beiträge zur Kenntnis des photochemischen Klimas im arktischen Gebiete. Denkschr. der kaiserl. Akad. der Wiss., Wien. Bd. 67 (1898). Daselbst auch p. 32 eine graphische Darstellung der Himmelsbeleuchtung.

[2] Wiesner, Compt. rend. 2. Mai 1898.

war dem Lichte des nördlichen Himmels ausgesetzt und während der ganzen Versuchszeit (April bis Mitte Juni) traf sie kein Sonnenstrahl.

Um die Wirkung der direkten Besonnung kennen zu lernen, wurde ein Teil der Versuchspflanzen auch dem östlichen und südlichen Himmelslichte ausgesetzt und auch der Beleuchtung im vollen Tageslichte unterworfen.

Die Aufstellung der Versuchspflanzen erfolgte in der Weise, daß die mittleren Lichtsummen auf den Aufstellungsorten zur Versuchszeit folgende Werte darstellten:

Freie Exposition: Lichtsumme (Integral) des gesamten diffusen Tageslichtes ..... = 100
Nordlage: Lichtsumme (Integral) des gesamten diffusen Tageslichtes ..... = 28
Ostlage: Lichtsumme (Integral) des gesamten diffusen Tageslichtes ..... = 24
Südlage: Lichtsumme (Integral) des gesamten diffusen Tageslichtes ..... = 26

Es war beabsichtigt, die Lichtsumme in der Nord-, Ost- und Südlage konstant zu machen und auf den Wert 25 ($\frac{1}{4}$ des gesamten diffusen Lichtes) zu bringen, was aber, wie obige Zahlen lehren, nicht vollkommen gelungen ist, indes auf die abgezogenen Hauptresultate, wie wir sehen werden, keinen wesentlichen Einfluß hatte.

In der Nordlage empfingen die Versuchspflanzen nur diffuses Licht. In der Ost- und Südlage aber außer dem diffusen noch direktes Sonnenlicht.

Der Überschuß an Licht, welchen die Pflanzen in der Ost- und Südlage im Vergleiche zu den Pflanzen der Nordlage empfingen, entsprach dem direkten Sonnenlicht. Natürlich war dieser Überschuß in der Südlage größer als in der Ostlage, infolge der größeren Sonnenhöhe.

Der Versuch mit der in der Nordlage befindlichen Pflanze begann am 9. April, noch vor dem Schwellen der Knospen. Alsbald stellte sich Knospenschwellen ein und am 20. April waren die ersten Blattspitzen sichtbar. Am 1. Mai traten die

ersten Blattflächen hervor. Am 21. Mai war die Belaubung vollendet. Alle Stengelglieder der neuen Sprosse waren unentwickelt, die ziemlich normal aussehenden Blätter waren schwach behaart. Die Blätter hatten eine durchschnittliche Länge von 42 *mm* und eine durchschnittliche Breite von 25 *mm*. Die Entwicklungsperiode des Laubes hatte eine Dauer von 30 Tagen.

In der Ostlage trat auch bald nach der Aufstellung (9. April) das Schwellen der Knospen ein. Die ersten Blattspitzen der sich öffnenden Knospen wurden am 16. April sichtbar. Schon am 17. April lagen die ersten Blattflächen frei. Auch hier bildeten sich nur Kurztriebe aus, denn alle Stengelglieder der neuen Sprosse waren unentwickelt. Die normal aussehenden Blätter waren im Vergleiche zu den in der Nordlage befindlichen bedeutend stärker behaart. Die Blätter hatten dieselben Dimensionen, wie die in der Nordlage gestandenen und erschienen etwas lebhafter grün gefärbt als die der Vergleichspflanzen. Am 8. Mai war die Belaubung vollendet. Die Belaubungsperiode der Sprosse hatte eine Dauer von nur 22 Tagen.

Südlage. Aufstellung am 9. April. Die ersten Blattspitzen erschienen am 13. April, die Blattflächen wurden am 14. April sichtbar. Die Belaubung war am 5. Mai vollendet. Es bildeten sich teils Kurz-, teils Langsprosse aus, deren längste Internodien 6 *mm* erreichten. Die Blätter waren auch stärker als die in der Nordlage zur Entwicklung gekommenen behaart, hatten eine durchschnittliche Länge von 53 *mm* und eine durchschnittliche Breite von 34 *mm*. Vom Öffnen der Knospen bis zur vollständigen Ausbildung des Laubes verstrich gleichfalls ein Zeitraum von 22 Tagen; aber, wie aus den mitgeteilten Daten zu ersehen ist, trat die vollständige Belaubung früher als in der Ostlage ein.

Im gesamten Tageslichte verlief die Entwicklung ähnlich so wie in der Südlage, mit dem kleinen Unterschiede, daß die ganze Ausbildung der Belaubung bloß 20 Tage in Anspruch nahm, also ein noch früherer Abschluß der Zweigentwicklung sich einstellte als in der Südlage.

Aus diesen Versuchsreihen geht unzweifelhaft hervor, daß für die Laubentwicklung der Rotbuche das diffuse Tageslicht ausreicht, daß aber das direkte Sonnenlicht die Laubentwicklung dieser Baumart beschleunigt und befördert.

Zur Laubentwicklung ist, wie nunmehr der Vergleich der Anfangsminima des Lichtgenusses mit den stationären Werten lehrt, eine viel größere Lichtstärke erforderlich als zur Assimilation, welche ja bei dem niederen stationären Werte auch noch, wenn auch in vermindertem Maße, stattfindet.

Daß zur Laubentfaltung höhere Lichtstärke als zur Assimilation selbst bei einem und demselben Gewächse erforderlich ist, lehren ja auch die immergrünen Holzgewächse, welche, wie ich schon bei früherer Gelegenheit hervorhob, die Laubknospen nur in der Peripherie der Krone zur Entfaltung bringen, während bei den entlaubten sommergrünen Gewächsen auch weit entfernt von der Peripherie der Krone noch Laubsprosse sich entwickeln können.[1]

Es scheint mir zweifellos, daß die direkte Besonnung die Laubentwicklung aller unserer sommergrünen Gewächse, deren Belaubung in den Frühling fällt, befördert. Es geht dies nicht nur aus den mitgeteilten, auf die Buche bezugnehmenden Beobachtungen, sondern auch aus zahlreichen Versuchen hervor, welche ich mit anderen unserer Laubhölzer angestellt habe, insbesondere mit Ahornen *(Acer campestre* und *Acer platanoides)*, ferner aus vielen im Freien angestellten Beobachtungen. Diese letzteren beziehen sich auf Holzgewächse verschiedener Art, welche auf ihrem natürlichen Standort eine starke Einschränkung ihres Lichtgenusses erfahren haben.

An frei exponierten Bäumen wird man bei den nach den Himmelsrichtungen orientierten Partien der Sprosse einen Einfluß der Lage auf die Laubentwicklung nicht oder nur in sehr schwachem Grade bemerken, nicht nur, weil ja bei solchem Vorkommen auch die Nordseite von der Sonne bestrahlt ist, und zwar umsomehr, je weniger dicht das Gezweige ist, sondern auch, weil in solchem Falle die große Masse des

[1] Photom. Unters. I, p. 309 und 310.

einfallenden diffusen Lichtes die Unterschiede in der durch die Orientierung nach den Weltgegenden bedingten Beleuchtung stark verringert.

Man kann es wohl mit Bestimmtheit aussprechen, daß die Laubentwicklung unserer sommergrünen Holzgewächse, zumal in der doch noch relativ kalten Epoche, durch die direkte Besonnung gefördert wird. Es zeigt sich also in Bezug auf die Belaubung unserer sommergrünen Holzgewächse eine analoge Erscheinung wie bei der gesamten nordischen und alpinen Vegetation und auch bei unseren krautigen Frühlingspflanzen, welche bei ihrer Entwicklung aus dem direkten Sonnenlichte Nutzen ziehen. Der Zweck der vollständigen Entlaubung unserer sommergrünen Gewächse liegt klar zu Tage: der Einstrahlung des Gesamtlichtes (mit paralleler Sonnenstrahlung) möglichsten Spielraum zu gönnen.

Daß die Laubentwicklung auf starke Lichtintensitäten angewiesen ist, zeigt sich noch deutlicher als bei den in unseren Gegenden heimischen sommergrünen Holzgewächsen bei jenen gleichfalls sommergrünen Sträuchern und Bäumen, welche wärmeren Gegenden entstammen, also zur Zeit der Vegetation in ihren Heimatländern größerer Lichtstärke ausgesetzt sind.

Zu meinen Versuchen dienten *Robinia pseudoacacia*, *Amorpha fruticosa* und *Broussonetia papyrifera*, die beiden ersteren in warmen Gebieten Nordamerikas, die letztere in warmen Gebieten Ostasiens heimisch. Die Akklimatisation dieser drei Bäume ist bei uns vollkommen geglückt; allein ihre Herkunft aus wärmeren Ländern spricht sich in unseren Gärten und Anlagen darin aus, daß sie sich hier erst sehr spät belauben.

Die Versuche, welche ich mit diesen drei Holzgewächsen ausführte, waren den oben mitgeteilten auf die Buche bezugnehmenden analog. Es wurden in Töpfen kultivierte Exemplare verwendet und auch die Aufstellung war die gleiche. Es ist selbstverständlich, daß die zu den Versuchen verwendeten Individuen sorgfältig ausgewählt wurden, um zu möglichst gut vergleichbaren Resultaten gelangen zu können. Die Pflanzen wurden möglichst gleichmäßig gut kultiviert und es wurde dafür Sorge getragen, daß, abgesehen von der im Versuche variierten

Beleuchtung, die übrigen Vegetationsbedingungen möglichst konstant blieben, insbesondere Lufttemperatur, Luft- und Bodenfeuchtigkeit. So weit die direkte Sonnenbeleuchtung auf die Temperatur Einfluß nahm, waren die Versuchspflanzen allerdings verschiedener Temperatur ausgesetzt.

Die Versuche begannen anfangs Mai und wurden Mitte Juni abgebrochen.

Während der Versuchszeit herrschten im Mittel folgende Beleuchtungsverhältnisse:

Freie Exposition: Lichtsumme (Integral) des gesamten diffusen Tageslichtes 100
Nordlage (N): Lichtsumme (Integral) des diffussen Tageslichtes 33
Ostlage (E): Lichtsumme (Integral) des diffusen Tageslichtes 30
Südlage (S): Lichtsumme (Integral) des diffusen Tageslichtes ..... 35[1]

Versuche mit *Robinia pseudoacacia*.

Die Aufstellung erfolgte auf den Standorten N, E und S am 9. Mai.

N. Beginn des Treibens am 25. Mai. Die Entwicklung des Laubes ging sehr langsam vonstatten. Am 26. Mai waren die gegen E und S exponierten Pflanzen schon reich belaubt, während die N-Pflanze noch im Beginne der Belaubung stand. Am 10. Juni war die Pflanze reich beblättert, sie hatte 120 Blätter ausgebildet, welche ganz normal aussahen, ja sogar merklich intensiver grün gefärbt erschienen als die E- und S-Pflanze. Die Pflanze treibt noch weiter.

E. Das Treiben begann am 17. Mai. Bis zum 10. Juni hatten sich 136 Blätter gebildet. Die Pflanze treibt noch weiter.

S. Das Treiben wurde schon am 15. Mai konstatiert. Bis zum 10. Juni hatten sich 135 Blätter gebildet. Die Pflanze treibt noch weiter.

---

[1] Es war beabsichtigt, bei jeder der Expositionen (N, E und S) den dritten Teil des gesamten diffusen Tageslichtes herrschen zu lassen, was aber nicht vollständig gelang.

Blätter und Blättchen aller drei Versuchspflanzen stimmen in den Dimensionen miteinander nahezu überein. Eine eingehende Messung hat gelehrt, daß die Blättchen der N-Pflanze eben merklich größer waren als die der E- und S-Pflanze.

Mittlere Gewichte der am vollkommensten ausgebildeten Blätter.

N.....	0·335 *g*
E.....	0·328 *g*
S.....	0·357 *g*.

Lebendgewicht des ganzen Laubes.

N.....	35·60 *g*
E.....	39·07 *g*
S.....	47·74 *g*.

Erwähnenswert scheint es mir, daß die Sprosse der N-Pflanze viel gedrungener waren als die der E- und S-Pflanze; es hatten nämlich die Stengelglieder durchschnittlich nur den dritten Teil der Länge im Vergleiche zu den Internodien der beiden letzteren, welche im Mittel fast ganz miteinander übereinstimmen. Man sollte vermuthen, daß die auf dem E- und S-Standorte zur Wirkung gekommenen größeren Lichtintensitäten eine stärkere Hemmung des Längenwachstums der Internodien hätten bewirken sollen. Allein tatsächlich war dies nicht der Fall. Und dies scheint mir umso bemerkenswerter, als, wie die zuletzt angeführten Zahlen lehren, die Produktion an organischer Substanz doch eine relativ recht beträchtliche war, jedenfalls nicht so gering ausfiel, als daß sich hieraus ein auffallendes Zurückbleiben der Internodien könnte ableiten lassen.

Die Pflanzen auf den Standorten E und S empfingen von der ganzen Lichtmenge nicht so viel, als es der Fall gewesen wäre, wenn die Blättchen in unveränderlicher Lage geblieben wären. Mit steigender Sonnenhöhe erhoben sich die Blättchen in der bekannten Weise, wodurch ein Teil der parallelen Strahlung nur in geschwächtem Maße diesen Organen zugeführt wurde.

Aus den vorgeführten Beobachtungen ist ersichtlich, daß das Laub der *Robinia Pseudoacacia* im ausschließlich diffusen Lichte, selbst wenn dies nur den dritten Teil des diffusen Gesamtlichtes beträgt, zu vollkommen normaler Entwicklung kommt. Die direkte Strahlung hatte allerdings eine sehr beträchtliche Beschleunigung der Entwicklung der Blätter herbeigeführt, sonst aber keine spezifische Wirkung hervorgebracht.

Versuch mit *Amorpha fruticosa*.

Beginn der Versuche wie bei *Robinia*.
Das Treiben der Knospen begann:

N am 21. Mai
E » 14. »
S » 12. »

Am 28. Mai waren die E- und S-Pflanzen bereits reich belaubt, während bei der N-Pflanze die Belaubung noch sehr schwach war. Am 10. Juni war diese letztere Pflanze auch schon gut beblättert, es hatten sich aber erst 55 Blätter vollkommen ausgebildet, während die E-Pflanze 94 und die S-Pflanze 86 hervorbrachte. Die Blätter hatten sich an allen Standorten in anscheinend völlig gleicher Weise ausgebildet. Nur waren die der N-Pflanze erkennbar dunkler gefärbt.

Es zeigt sich also auch hier dieselbe Erscheinung wie bei *Robinia*, daß nämlich auf dem N-Standort das gebildete Chlorophyll besser erhalten bleibt als an dem S- und E-Standorte. Offenbar reichen die Schutzeinrichtungen gegen Chlorophyllzerstörung durch das Licht bei diesen beiden Gewächsen nicht völlig aus, um sie gegen die starke direkte Strahlung bei hohem Sonnenstande genügend zu schützen. Dieser Schutz ist, wie bekannt, hauptsächlich darin zu suchen, daß die Blättchen sich bei hohem Sonnenstande in die Richtung des einfallenden Lichtes zu stellen trachten. Werden sie künstlich in jener Lage zurückgehalten, welche sie bei mäßiger Beleuchtung angenommen haben, unter welchen Verhältnissen sie von den Sonnenstrahlen unter großen bis 90° gehenden Winkeln

getroffen werden, so verlieren sie, wie ich schon früher zeigte, einen Teil ihres Chlorophylls.[1]

Am 10. Juni trieben noch alle drei Pflanzen weiter.

Mittlere Lebendgewichte der am vollkommensten ausgebildeten Blätter.

N.....	1·030 *g*
E.....	1·033 *g*
S.....	1·061 *g*

Lebendgewicht des ganzen Laubes.

N.....	36·85
E.....	51·52
S.....	61·88

Auch an *Amorpha* wurden am N-Standorte weitaus gedrungener gebaute Sprosse als auf den E- und S-Standorten beobachtet. Auch hier zeigte sich also, daß die Internodien der nur im diffusen Lichte gestandenen Pflanzen bei sonst normaler Ausbildung des Laubes eine auffallend geringere Länge als an jenen Standorten hatten, wo sie der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt waren.

Die mitgeteilten, auf *Amorpha* bezugnehmenden Beobachtungen lehren im Grunde genommen dasselbe, was sich in den parallelen mit *Robinia* angestellten ergab: daß nämlich auch die Laubsprosse der ersteren im ausschließlich diffusen Lichte zur normalen Entwicklung gelangen, selbst wenn der Anteil dieses Lichtes nur den dritten Teil des gesamten diffussen Lichtes beträgt. Die direkte Sonnenstrahlung hat auch in diesem Falle keine spezifische Wirkung hervorgebracht, sondern nur beschleunigend und begünstigend auf das Wachstum gewirkt.

Es ist hier nur von der Laubbildung die Rede gewesen. Wie die direkte Sonnenstrahlung auf die Blütenentwicklung wirkt, wurde nicht untersucht. Es sei nur bemerkt, daß die S-Pflanze *(Amorpha fruticosa)* am 4. Juni zu blühen begann, an der

[1] Wiesner: Die Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls der Pflanze. Wien 1876.

E-Pflanze erst am 12. Juni die Blütenstände sichtbar wurden, an welchem Tage die N-Pflanzen noch keine Spur der Blütenanlagen erkennen ließen.

Versuche mit *Broussonetia papyrifera*.

Keines der von mir untersuchten sommergrünen Holzgewächse ergab einen so beträchtlichen Unterschied in der Ausbildung der Blätter, je nachdem sie während ihrer Entwicklung bloß dem diffusen oder auch dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, als der Papiermaulbeerbaum. Es wurden die Topfpflanzen nach N, E und S wie in den früheren Versuchen aufgestellt, auch an demselben Tage, zu welcher Zeit diese Gewächse noch völlig unbelaubt waren, aber eben sich anschickten, ihre Knospen zu entfalten. Während die nach S orientierten Pflanzen schon am 14. Mai zu treiben begannen, trat bei der Exposition nach E das Treiben erst am 16. Mai ein und verzögerte sich bei den nach N gewendeten Exemplaren bis zum 20. Mai. Die S- und E-Exemplare waren schon schön grün belaubt (28. Mai), während das N-Exemplar noch sehr kleine, wenig entwickelte Blätter trug.

Wie die Belaubung sich bei diesen drei Expositionen gestaltete, geht aus der nachfolgenden Zusammenstellung hervor, in welcher zum Vergleiche auch noch Zahlen angeführt sind, die sich auf das Laub eines im Freien stehenden, dem vollen Tageslichte exponierten Baumes beziehen.

Exposition nach	Zahl der ausgewachsenen Blätter (10. Juni)	Dimension der größten Blätter		Gewicht der größten Blätter	Gesamtgewicht[1] der ausgewachsenen Blätter
		Länge	Breite		
N	40	11·4[2]	6·9 *mm*	0·34 *g*	13·8 *g*
E	36	16·3	10·6	0·52	22·5
S	42	22·4	12·2	1·24	36·2
Freistehender Baum	—	24·8	14·5	1·51	—

[1] Im frischen Zustande bestimmt.

[2] Immer inklusive Blattstiel gemessen.

Es hatte sich also nicht nur eine beträchtliche Verspätung in der Laubentwicklung der bloß der Einwirkung des diffusen Tageslichtes ausgesetzt gewesenen Pflanze eingestellt; es ist auch die entwickelte Laubmasse im Vergleiche zu der, auch der Sonnenbeleuchtung zugänglich gemachten Pflanze sehr gering ausgefallen.

Besonders auffallend ist das Zurückbleiben der Blattdimensionen bei der nach N exponiert gewesenen Pflanze. Man sieht aus obiger Zusammenstellung, daß das Blatt im völlig ausgewachsenen Zustande eine desto größere Länge und Breite erreichte, je höher die Lichtintensität war, welcher es während seiner Entwicklung ausgesetzt war.

Die förderliche Lichtwirkung ging in den mit der E und der S-Pflanze angestellten Versuchen von der direkten Wirkung der Sonnenstrahlen aus, womit nicht gesagt sein soll, daß nicht ein Äquivalent gleich intensiv diffuser Strahlung die gleiche Wirkung hätte hervorbringen können; die Erörterung dieser Frage bleibe indes hier unberührt. Aber das lehrt die Versuchsreihe, daß mit der Zunahme der täglichen Lichtstärke die Blätter an Größe zunahmen.

Aus diesen Beobachtungen über die Dimensionen der Blätter der *Broussonetia papyrifera*, welche bei verschiedener Lichtintensität erwuchsen, ist zu ersehen, daß wir hier ein Gewächs vor uns haben, dessen Blätter mit der Zunahme der Lichtstärke sehr beträchtlich an Größe zunehmen. Indes sind auch die Blätter dieser Pflanze jenem Gesetze unterworfen, welches ich schon in dem ersten Teile meiner »Photometrischen Untersuchungen«[1] nachgewiesen habe: daß nämlich mit steigender Lichtintensität die Größe der (typischen) Laubblätter nur bis zu einer bestimmten Grenze (Optimum) steigt, dann aber mit weiterer Steigerung der Lichtintensität die hierbei sich entwickelnden Blätter wieder an Größe abnehmen. Wie ich damals nachgewiesen habe, liegen die Optima bei verschiedenen Pflanzen verschieden hoch. Zweifellos kommt den Blättern von *Broussonetia papyrifera* ein sehr hohes Optimum

[1] L. c. p. 330.

zu. Doch glaube ich, daß innerhalb der Verbreitungsbezirke dieses Baumes dieses Optimum überschritten wird, d. h. daß auf den Standorten dieses Baumes doch Lichtintensitäten herrschen, welche das Wachstum der hierbei sich entwickelnden Blätter herabsetzen. Ich habe dies selbst bei den in unseren Gärten auftretenden Bäumen bemerkt, indem die völlig ausgewachsenen Blätter nicht in der Peripherie des Baumes, sondern innerhalb der Krone das Maximum ihrer Dimensionen erreichen.

Es hat den Anschein, als würde das Blatt der *Broussonetia papyrifera* jede Lichtmenge ohne Gegenwehr auf sich einwirken lassen, die ihm auf seinem Standorte geboten wird und sich total anders verhalten, als die beiden auf lichtstarken Standorten vorkommenden, zuletzt abgehandelten Holzgewächse *(Robinia* und *Amorpha)*, welche bei hohem Sonnenstande durch eine Variationsbewegung ihre Blättchen so stellen, daß das starke Licht, nämlich ein für sie schädlicher Lichtüberschuß, abgewehrt wird, vor allem zum Schutze des Chlorophylls[1]. Es ist aber von L. und K. Linsbauer[2] nachgewiesen worden, daß die peripher gestellten, also die am stärksten beleuchteten und der direkten Isolation am meisten ausgesetzten Blätter der *Broussonetia papyrifera* sich gerade während der Zeit der stärksten Beleuchtung durch Konkavwerden ihrer Lamina nach oben so krümmen, daß sie einen Teil des auf sie fallenden Sonnenlichtes abwehren. Es sind also die peripher situierten Blätter dieses Baumes panphotometrisch, aber dieser panphotometrische Charakter ist nur zur Zeit stärkster Beleuchtung scharf ausgeprägt. Die im Innern der Krone stehenden Blätter bleiben fortwährend flach ausgebreitet.

Im anatomischen Bau unterscheiden sich die bloß unter der Wirkung des diffusen Lichtes gestandenen Blätter der untersuchten Pflanzen nicht von den unter natürlichen Verhältnissen aufgewachsenen.

---

[1] Wiesner l. c. p. 44 ff.

[2] Über eine Bewegungserscheinung der Blätter von *Broussonetia papyrifera*. Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft XXI (1903), p. 27 ff.

Auch in der Stärke der Assimilation scheinen sie sich von den auf natürlichen Standorten erwachsenen nicht zu unterscheiden. Ich habe gemeinschaftlich mit meinen Assistenten, den Herren Dr. K. Linsbauer und Dr. Jenčič, die Blätter der an den genannten Standorten erwachsenen Pflanzen der bekannten Sachs'schen Jodprobe auf Stärke unterworfen und wir waren über das Resultat erstaunt. In keinem Falle war die Stärkemenge der N-Pflanzen geringer als die der E- und S-Pflanzen. Aber in der Mehrzahl der Fälle war die durch die Jodlösung hervorgerufene Bläuung gerade an den N-Pflanzen die stärkste.

Da aber, wie wir gesehen haben, die Produktion der organischen Substanz bei den besonnt gewesenen Pflanzen eine größere war, so muß geschlossen werden, daß bei diesen Pflanzen die Ableitung der Assimilate und deren Verwertung bei dem Aufbau der Organe rascher als bei den bloß dem diffusen Lichte ausgesetzt gewesenen Individuen vor sich gegangen sein mußte.

Nach allen von mir vorgenommenen Untersuchungen kann es wohl keinem Zweifel unterliegen, daß unsere sommergrünen Holzgewächse ihr Laub im ausschließlich diffusen Lichte zur normalen Entwicklung zu bringen befähigt sind. Das Sonnenlicht wirkt nur beschleunigend, auch wohl begünstigend, nicht aber spezifisch auf die Laubbildung ein. In der Organisation der im diffusen und im gemischten Lichte erwachsenen Blätter ergaben sich kleine, aber doch auch nur graduelle Unterschiede, so die schwache Behaarung bei im diffusen Lichte erwachsenen Blättern der Buche. Diese sommergrünen Bäume und Sträucher ziehen also aus der Bestrahlung durch die Sonne Vorteil. Es muß indes beachtet werden, daß in den obigen Versuchen die Menge des diffusen Lichtes, welches auf die in der Nordlage befindlichen Pflanzen einwirkte, nur etwa den dritten oder vierten Teil vom gesamten diffusen Tageslichte ausmachte. Es ist selbstverständlich, daß, wenn das gesamte diffuse Tageslicht auf die Pflanzen eingewirkt haben würde, die Totalwirkung auch rücksichtlich des zeitlichen Eintrittes der einzelnen Vegetationsphasen noch weniger hinter jener des gemischten (aus diffuser und direkter Sonnenstrahlung bestehenden) Lichtes zurückgestanden wäre.

Wahrscheinlich werden sich wärmeren Vegetationsgebieten angehörige sommergrüne Holzgewächse in ihrer Heimat genau so wie unsere sommergrünen Pflanzen bei uns gegen das diffuse und das gemischte Licht verhalten. Wenn solche Pflanzen bei uns diesen beiden Lichtqualitäten ausgesetzt sind, so tritt bei ausschließlicher Beleuchtung im diffusen Lichte eine sehr beträchtliche Verzögerung der Laubbildung ein.

Besonders merkwürdig ist das Verhalten der *Broussonetia papyrifera*, nämlich das starke Zurückbleiben der Blattgröße bei ausschließlich diffuser Beleuchtung im Vergleiche zu jener, welche sich im gemischten Lichte einstellt.

Wenn nun auch die vorgeführten Versuche lehren, daß das diffuse Licht bei unseren sommergrünen Gewächsen ausreicht, um deren Laub zur normalen Entwicklung zu bringen und sich zwischen den bloß im diffusen Lichte und den im gemischten Lichte zur Entwicklung kommenden Blättern nur graduelle Organisationsänderungen ergeben, so soll damit nicht gesagt sein, daß die Steigerung der durch die direkte Sonnenstrahlung bewirkten Lichtstärke nicht von großem Einflusse auf die Produktionsmenge der durch die Laubblätter erzeugten organischen Substanz sein könne. Es geht dies ja schon aus den vergleichenden mit *Broussonetia* angestellten Beobachtungen hervor. Und die durchwegs beobachtete Raschheit der Laubentwicklung im gemischten Lichte ist ein weiterer Beleg dafür. Auf einen genauen quantitativen Vergleich bezüglich der Wirkung des direkten und des diffusen Sonnenlichtes ist hier nicht eingegangen worden, es sollte nur gezeigt werden, daß das Laub der sommergrünen Holzgewächse im ausschließlich diffusen Lichte zur normalen Entwicklung gebracht werden könne und daß dieselbe bei sogenannter Sonnenbeleuchtung (nämlich im aus direktem Sonnen- und diffusem Tageslichte gemischten Lichte) stets eine zeitliche, in manchen Fällen *(Broussonetia)* eine materielle Förderung (d. i. eine relative Vermehrung der Substanzmenge) erfahre.

Die Frage, welche Wirkung die direkte Sonnenstrahlung auf die Vorgänge der Laubbildung ausübt, ist hier nur indirekt, nämlich nicht durch das direkte Experiment beantwortet

worden; wenn hier von Sonnenbeleuchtung die Rede war, so war doch immer gemischtes Licht gemeint.

In der oben genannten sehr wertvollen Abhandlung Hesselman's über das Pflanzenleben schwedischer Laubwiesen werden zahlreiche Beobachtungen über Kräuter, Stauden und Holzgewächse mitgeteilt, aus welchen unter steter Bezugnahme auf den Lichtgenuß abgeleitet wird, wie groß die Produktion der organischen Substanz im »Schatten« und »in der Sonne« sich gestaltet. Es zeigt sich im allgemeinen eine bedeutend stärkere Produktion organischer Substanz in der Sonne als im Schatten. Aber auch bei Hesselman ist, wie in meinem oben mitgeteilten Versuche, unter Sonnenlicht ein Lichtgemisch zu verstehen, welches aus direktem Sonnen- und diffusem Tageslichte besteht.

Über die spezifischen Wirkungen des direkten Sonnenlichtes behalte ich mir vor, in der Fortsetzung meiner photometrischen Untersuchungen zu berichten.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Die angestellten Beobachtungen lehren, daß bei der Laubbildung sommergrüner Holzgewächse das Minimum des Lichtgenusses mit fortwährender Blattbildung immer mehr und mehr sinkt und mit Vollendung der Belaubung einen stationären Wert erreicht. (Wurde für einzelne Fälle vom Verfasser schon früher konstatiert.)

2. Die Anfangsminima sind relativ sehr hoch gelegen. Beispielsweise beträgt das Anfangsminimum bei *Fagus silvatica* (Wien, Waldbaum) $^1/_3$ bis $^1/_4$, das stationäre Minimum hingegen $^1/_{60}$.

3. Diese hohen Minima stellen sich als Anpassungserscheinungen dar, welche auf einer merkwürdigen durch Licht ausgelösten Korrelation beruhen: Es kommen in der freien Natur nur die relativ am besten beleuchteten Laubsprossen zur Ausbildung, welche die minder gut beleuchteten mehr oder weniger vollständig unterdrücken.

4. Im Experiment läßt sich das Anfangsminimum durch künstlich eingeleitete gleichmäßige Beleuchtung sehr stark herabdrücken, sogar unter das stationäre Minimum.

5. Unsere sommergrünen Holzgewächse vermögen unter dem ausschließlichen Einfluß des diffusen Tageslichtes sich normal zu belauben. Es gelang bei der Buche die Laubblätter selbst durch den vierten Teil des herrschenden diffusen Tageslichtes innerhalb der normalen Entwicklungszeit des Laubes dieses Baumes (April bis Mai) zur völligen Ausbildung zu bringen. Es wurde dies konstatiert an Pflanzen, welche durch Aufstellung gegen den nördlichen Himmel der ausschließlichen Wirkung des diffusen Tageslichtes ausgesetzt waren.

6. Durch Kultur von Holzgewächsen, welche im Experiment so gegen den östlichen oder südlichen Himmel gewendet waren, daß sie an diffusem Lichte so viel erhielten, als die nach Norden gewendeten Pflanzen, erfolgte die Laubentwicklung vergleichsweise beschleunigt, was auf die Wirkung des Sonnenlichtes zu stellen ist.

7. Bei sommergrünen Holzgewächsen, welche aus wärmeren Vegetationsgebieten stammen, tritt (hier in Wien) bei Kultur im ausschließlich diffusen Tageslichte eine noch auffallendere Verzögerung in der Belaubung im Vergleiche mit der in der Ost- und Südlage befindlichen Pflanze ein, als bei den einheimischen sommergrünen Holzgewächsen.

8. Die aus höher temperierten Vegetationsgebieten stammenden sommergrünen Holzgewächse verhalten sich, bei uns im ausschließlich diffusen Lichte gezogen, rücksichtlich der erlangten Blattgröße so wie unsere einheimischen sommergrünen Holzgewächse, insbesondere diejenigen der ersteren, welche wie *Robinia Pseudoacacia* das starke Sonnenlicht abwehren, während Holzgewächse der genannten Gebiete, welche diese Eignung nicht oder nur in geringem Maße besitzen *(Broussonetia papyrifera)*, in der Blattgröße hinter den besonnten Pflanzen zurückbleiben.

Bei diesen Gewächsen ist die durch die direkte Besonnung herbeigeführte Beschleunigung der Laubblattentwicklung im allgemeinen eine stärkere als bei unseren einheimischen sommergrünen Holzgewächsen.

9. Die im ausschließlich diffusen Tageslichte kultivierten Holzgewächse erhielten den dritten, beziehungsweise sogar nur den vierten Teil des gesamten diffusen Tageslichtes,

während die Vergleichspflanzen an dem südlichen und östlichen Standorte dem dritten, beziehungsweise vierten Teile des gesamten diffusen Tageslichtes und zudem der direkten Sonnenstrahlung ausgesetzt waren.

Durch die Sachs'sche Jodprobe wurde in der Regel die größte Stärkemenge in den bloß dem diffusen Tageslichte ausgesetzt gewesenen Blättern nachgewiesen. In keinem Falle war die Stärkemenge in den dem Nordhimmel exponiert gewesenen Blättern geringer als bei den andern Expositionen. Da aber in der Süd- und Ostlage mehr organische Substanz produziert wurde als in der Nordlage, so ist anzunehmen, daß die Ableitung der Assimilate und deren Verwertung im Aufbau der Organe bei den besonnt gewesenen Versuchspflanzen rascher vor sich gegangen sein mußte als bei den bloß dem diffusen Lichte ausgesetzt gewesenen Vergleichspflanzen.

10. Die herbstliche Entlaubung der sommergrünen Holzgewächse hat den Zweck, eine relativ große Menge von Licht und damit auch direktes Sonnenlicht den Laubknospen zu sichern, was um so erforderlicher erscheint, als die Belaubung dieser Gewächse in eine relativ kalte Periode fällt und gerade zur Laubentwicklung eine große Lichtmenge erforderlich ist.

Die Silikatschmelzen

(II. Mitteilung)

von

C. Doelter,

k. M. k. Akad.

(Mit 4 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 7. Juli 1904.)

Meine am 18. Februar d. J. vorgelegte Arbeit über Silikatschmelzen bezog sich zum größeren Teil auf Beobachtungen an erstarrten Schmelzen und auf die Bestimmungen der Schmelzpunktskurven von Silikatgemengen. Meine damals begonnenen Studien, welche die direkte Beobachtung der erstarrenden Schmelze unter dem Mikroskop beabsichtigen, habe ich fortgesetzt und eine größere Anzahl von Schmelzen auf diese Weise untersucht. Durch die Unterstützung der kaiserl. Akademie war es mir möglich, eine größere Anzahl von Quarzschälchen und Mikroskopöfen anzuschaffen. Schwierigkeit bereitet die Beschaffung des Materials, da nur Kristalle verwendet werden sollen, die möglichst rein sind.

Das Kristallisationsmikroskop für hohe Temperaturen.

In meiner ersten Mitteilung gab ich die Abbildung des elektrischen Ofens, welcher auf den Mikroskoptisch gestellt wird; es erwies sich jedoch die Konstruktion eines besonderen Mikroskopes zur Beobachtung erstarrender Silikatschmelzen als notwendig.

Dasselbe unterscheidet sich von den petrographischen Mikroskopen durch entsprechenden Abstand zwischen Objektiv

und Mikroskoptisch. Es ist unten mit einem Nicol und einer Irisblende versehen.

Jedes Nicol ist für sich drehbar, ebenso ist der Tisch des Mikroskopes drehbar und die Umdrehung meßbar.

Der große Abstand zwischen Mikroskoptisch und dem Objektiv gestattet nun höhere Öfen als den früher beschriebenen zur Verwendung zuzulassen. Dies ist notwendig, wenn man die Temperatur bis 1400° erhöhen will.

Für Temperaturen bis 1260° ungefähr bediene ich mich des kleineren Ofens, der eine Höhe von zirka 54 *mm* hat; um die Temperatur noch mehr steigern zu können, wurde von der Firma W. C. Heraeus in Hanau ein höherer Ofen konstruiert (zirka 80 *mm* Höhe). Durch die gute Abkühlung der Objektivlinse vermittels Wasser, welches durch eine Kältemischung geflossen, gelingt es, diese Linse in unmittelbarste Nähe des Ofens zu bringen und daher auch etwas stärkere Vergrößerungen anzuwenden. Als Okular verwende ich Nr. 4.

Mikrometrische Messungen vermittels eines Mikrometerokulars sind durchführbar

Die Adaptierung eines photographischen Apparates ist im Gange, um die verschiedenen Erstarrungsstadien wiederzugeben.

Als Objektträger dienen kleine Quarzglasschälchen (aus geschmolzenem Bergkristall), die vermittels eines Platinträgers an jedem beliebigen Punkte des Ofens anzubringen sind.

Nebenstehend eine Abbildung des von C. Reichert in Wien konstruierten Mikroskopes.

Da bei sehr hoher Temperatur die Interferenzfarben nicht sichtbar sind, so ist man zur Unterscheidung auf die Kristallform angewiesen, auch die geringere oder stärkere Brechbarkeit kann beobachtet werden. Da es sich aber nur um wenige Kristallarten handelt, so ist die Unterscheidung nicht so schwierig. Manche Mineralien scheiden sich mehr faserig ab, so mitunter der Augit, der oft außer deutlichen Kristallnadeln auch garbenförmige Aggregate bildet und ebenso der Nephelin; letzterer läßt sich gut an den selten fehlenden trigonalen und hexagonalen Wachstumsformen erkennen. Selbstverständlich wird man auch die nachträgliche Untersuchung der erstarrten

Schmelze vornehmen, um die erhaltenen Resultate zu kontrollieren.

Es wurde eine Reihe von Mischungen teils von zwei, teils von drei Komponenten hergestellt, aus diesen wurde ein Glas

Fig. 1.
Kristallisationsmikroskop für hohe Temperaturen.

geschmolzen und davon ein dünner Schliff hergestellt, dessen Erstarrung beobachtet wurde.

Die Erstarrungszeit betrug in dieser Beobachtungsreihe zirka zwei Stunden; die Versuche wurden aber derart aus-

geführt, daß von zehn zu zehn Grad abgekühlt wird und dann durch 10 Minuten ein Stillstand in der Abkühlung eintritt, dann herrscht während dieser 10 Minuten konstante Temperatur und es können die Kristalle sich langsam abscheiden; hierauf wird wieder um 10° gekühlt und durch 10 Minuten die Temperatur wieder konstant gehalten u. s. f. Die Abkühlung um 100° erfolgt demnach in ungefähr 100 Minuten. Um die langsame Abkühlung zu erreichen, ließ ich einen besonderen kleinen Widerstand konstruieren, der eben sehr langsam die Ampèrezahl verringert.

Für den Ofen ist ein Verbrauch von höchstens 5 Ampère nötig und kann die Verringerung so langsam erfolgen, daß man durch lange Zeit die Temperatur konstant erhalten kann und sogar eine Einstellung auf 5° erreichen kann.

Es wurden Mischungen von zwei Komponenten und solche von drei untersucht. Da außer den direkten Beobachtungen unter dem Mikroskop auch noch Versuche mit den in Tiegeln durch zirka 7 Stunden erstarrten Schmelzen vorlagen, so war ein Vergleich möglich. Die Resultate waren fast stets dieselben.

I. Mischungen von zwei Komponenten.

1. Mischungen von Labradorit und Augit. Über die Beobachtungen an erkalteten Schmelzen und über die Schmelzpunkte derselben wurde bereits früher berichtet. Es wurden untersucht die Mischungen Labradorit, Augit im Verhältnis 2:1, 9:1.

Mischung von 2 Labradorit, 1 Augit. Schmelzpunkt 1150°. Maximaltemperatur 1240°.

Bei 1150° keine Kristallbildung.
» 1140° einzelne sehr seltene Augitmikrolithe.
» 1130° stärkere Augitbildung, gleichzeitig bilden sich einzelne rundliche Magnetite.
» 1120° scheiden sich viele Augitkristalle ab, ganze garbenförmige Gruppen, nur wenig Plagioklas.
» 1110° Fortsetzung der Augitbildung.
» 1105° scheidet sich der Plagioklas mesostatisch ab, gleichzeitig weitere Augitbildung.

Bei 1100° reichliche Plagioklasbildung, massenhafte Filzbildung, wobei der Filz aus kleinen Nadeln von Plagioklas besteht.
» 1090° scheiden sich zwischen den früher gebildeten Augiten noch größere Plagioklasnadeln ab.
» 1075 bis 1060° weitere Plagioklasbildung zwischen den Augiten.
» 1050° starr.

Mischung von 9 Labradorit, 1 Augit. Schmelzpunkt 1150°. Maximaltemperatur 1260°.

Bei 1150° findet keine Ausscheidung statt.
» 1145° sehr wenige Augitnadeln und Büschel an sehr vereinzelten Stellen.
» 1140° starke Plagioklasbildung, dieselbe zeigt sich wie eine Mesostasis.
» 1130° noch Augitnadeln in größerer Menge, gleichzeitig Plagioklasbildung.
» 1100° weitere allgemeine Plagioklasbildung.
» 1075° sehr viel Plagioklasnadeln.
» 1040° bilden sich noch Plagioklasnadeln.
» 1020° starr.

Demnach bildet sich hier zuerst eine Spur von Augit, dann folgt starke Plagioklasbildung, wieder Augit und schließlich bis zur Erstarrung fortwährend Plagioklasausscheidung.

2. Mischung von 3 Anorthit, 1 Hedenbergit. Schmelzpunkt 1180°. Maximaltemperatur 1200°.

Bei 1140° Augitbildung in sehr geringer Menge.
» 1030° scheidet sich Plagioklas ab.
» 1000° Anorthitbildung fast gleichzeitig damit:
» 990° Augitbildung in größerer Menge.
» 960° starr.

Also zuerst Ausscheidung kleiner Augitmengen, dann die Hauptbildung des Plagioklases, hierauf größere Plagioklas-Augitbildung.

3. Mischung von Labradorit und Olivin. Es wurde die früher[1] erwähnte Mischung 3:1 unter dem Mikroskop untersucht.

Mischung von 3 Labradorit, 1 Olivin. Schmelzpunkt 1190°. Maximaltemperatur 1255°.

Bei 1150° Spuren von Magnetit.
» 1145° stark brechende Nadeln von Olivin, oft aufeinander senkrecht stehend (Fig. 2) oder Winkel von 45° bildend.
» 1140° weitere Bildung solcher Nadeln.
» 1120° keine Veränderung.
» 1110° Plagioklasbildung.
» 1080° starke Plagioklasbildung (filziges Aggregat von Nadeln), vielleicht Olivin?
» 1060 bis 1040° bilden sich Plagioklasnadeln.
» 1020° starr.

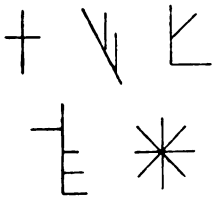


Fig. 2.

Aus dem Augit scheidet sich etwas Magnetit aus, dann unzweifelhafter Olivin, zum Schluß Labradorit.

4. Mischungen von Augit und Olivin.

Mischung von 10 Olivin, 90 Augit. Schmelzpunkt 1160°. Maximaltemperatur 1230°.

Bei 1155° bilden sich lange Olivinnadeln.
» 1150° Magnetitbildung.
» 1140° bilden sich Augitnadeln, gleichzeitig daneben etwas Olivin.

[1] Diese Sitzungsber., Februarheft, 1904.

Bei 1135° erscheinen größere Olivine, tafelartig, gleichzeitig.
» 1130° starke Augitbildung.
» 1125 bis 1100° starke Augitbildung.
» 1050° starr.

Der Olivin ist das erste Ausscheidungsprodukt, aber Olivin und Augit bilden sich zwischen 1140 bis 1130° auch gleichzeitig, später scheidet sich nur Augit ab.

Angewandt wurde hier ein gelblichgrüner Chrysolith aus Ceylon, dessen chemische Zusammensetzung Michaela Vučnik durch eine Analyse feststellte.

Sie erhielt folgende Zahlen:

Analyse eines Olivins von Ceylon:

SiO_2	40·21
FeO	11·33
MgO	47·48
CaO	0·57
	99·59

Dies entspricht einer ungefähren Mischung von

$$8\,(Mg_2SiO_4)$$
$$(Fe_2SiO_4).$$

Der Schmelzpunkt beträgt zirka 1310°.

Mischung von Augit 4 und Olivin 1. Schmelzpunkt 1180°. Maximaltemperatur 1260°.

Erste Ausscheidung bei 1150°. Einzelne Nadeln von Olivin.

Bei 1140° weitere Bildung von Olivin in einzelnen Kristallen.
» 1110° scheidet sich Magnetit ab, aber nur in sehr geringer Menge. Es bilden sich noch Olivine, Spur von Augit.
» 1090° starke Augitbildung.
» 1020° dasselbe.
» 1000 bis 960° weitere Augitbildung.
» 940° starr.

Demnach scheidet sich von 1150 bis 1100° Olivin ab mit Spuren von Magnetit bei 1110°, hierauf kommt bis 960° die Augitbildung, bei 1100° findet neben reichlicher Olivinbildung

auch Abscheidung von geringer Menge von Magnetit und Augit statt.

Mischung von 1 Hedenbergit, 2 Leucit. Schmelzpunkt 1150°.

Dieser Versuch ergab, da etwas zu rasche Abkühlung eintrat, nur Bildung von Augit zwischen 1100 bis 1050°. Der Leucit erstarrte glasig.

6. Mischungen von Albit und Olivin.

Mischung von 1 Albit und 1 Olivin.[1] Schmelzpunkt 1140°. Maximaltemperatur 1180°.

Die erste Ausscheidung erfolgte bei

1085°. Kleine Nadeln, wahrscheinlich Olivin, es waren aber nur 3 bis 4 zu beobachten.
1075°. Magnetitbildung.
1060°. Es bilden sich unregelmäßige kurze Nadeln von Olivin, gleichzeitig Magnetitkörner.
1040°. Skelettartige Plagioklase.
1020°. Undeutliche Nadeln.
1010°. Magnetitbildung und Plagioklasbildung. (Eutektikum?)
1000 bis 980°. Glasbildung.
960°. Starr.

Demnach bildet sich hier zuerst etwas Olivin, dann der in der Mischung nicht vorhanden gewesene Magnetit, hierauf Plagioklas (wahrscheinlich Andesin), dann wieder Magnetit und das reichlich vorhandene Albitglas.

Mischung von Albit 4, Olivin 1. Schmelzpunkt 1150°. Maximaltemperatur 1185°.

Die erste Bildung erfolgt erst bei

1120°. Es scheidet sich Magnetit aus.
1110°. Einzelne Olivinnadeln, fast gleichzeitig:
1105°. Magnetitbildung.

[1] Es war hier und bei dem nächsten Versuche ein Olivin, angeblich von Almeklovdal (?), der ein Kalkeisenolivin ist, angewendet worden.

1100°. Größere Olivine, vereinzelt.
1090°. Vermehrung der Olivine.
1070°. Ebenso.
1030°. Olivinskelette mit rechtwinkeligen Achsen, gleichzeitig.
1020°. Massenhafte Plagioklasabscheidung.
1000°. Ebenso.
980°. Starr.

Der in der Mischung nicht vorhandene Magnetit, welcher aus der dissoziierten Schmelze durch chemische Reaktion sich bildete, scheidet sich zuerst ab, dann folgt der Olivin, welcher sich zu gewissen Zeiten in deutlichen Kristallen, zu anderen in Skeletten abscheidet, das hängt aber von der Abkühlung ab; war diese etwas rascher, so bilden sich Skelette, bei langsamer größere Kristalle. Der zuletzt ausgeschiedene Plagioklas war, wie andere Versuche derselben Mischung in größeren Gefäßen zeigten, kein Albit, er hatte dem Olivinsilikat Kalk entnommen.

7. Mischung aus 1 Augit und 1 Eläolith. Schmelzpunkt 1120 bis 1130°. Maximaltemperatur 1185°.

Bei 1110° Bildung kleiner Augitnadeln in reichlicher Menge.
» 1100° Bildung von faserigem Nephelin, gleichzeitig daneben auch Augitbildung.
» 1090° weitere Bildung von Nephelin und etwas Augit.
» 1070° Wachsen der Nepheline.
» 1040° Glasbildung.
» 1030° ganz starr.

Demnach bildet sich unbestritten der Augit zuerst; das Gemenge war nicht ganz kristallinisch erstarrt, indem sich noch etwas Glas zwischen den Kristallen vorfand.

Bei den Mischungen Eläolith-Augit konstatierte B. Vukits, daß die Schmelzpunktskurve der Gläser fast horizontal verläuft.

II. Mischungen von drei Komponenten.

Mischung von 5 Olivin, 35 Labradorit und 60 Augit. Schmelzpunkt 1200°. Maximaltemperatur 1250°.

Bei 1195 bis 1190° Magnetit- und Olivinbildung.
» 1190° starke Augitbildung, wenig Olivin.
» 1170 und 1160° starke Augitbildung.
» 1150° Wachsen der vorhandenen Augite.
» 1130° Plagioklasbildung.
» 1120° ebenso, daneben beobachtet man vereinzelt das Wachsen der Augite.
» 1110° Wachsen der Plagioklase, etwas Augit.
» 1090° weitere Plagioklasbildung.
» 1060° starr.

Die bei 1120° wachsenden Kristalle müßten nach ihrer Bildung noch Zonenstruktur zeigen, da die Zusammensetzung der Schmelze ja eine andere war.

Diese Mischung bot auch interessante Aufschlüsse über die Kristallisationsgeschwindigkeit des Augits. Es bilden sich zuerst wenige kurze Nadeln und vereinzelte Kriställchen mit mehr Anlehnung zu breiteren Tafeln bis 40° Unter-

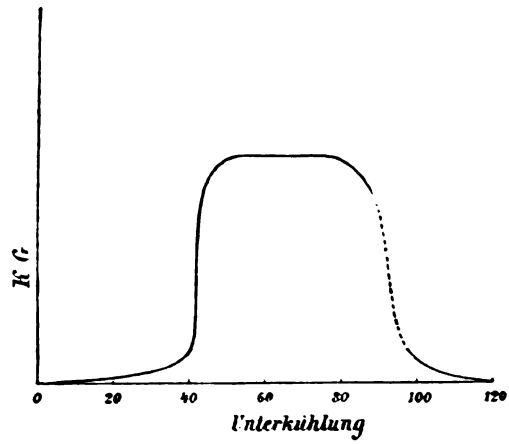


Fig. 3.

kühlung, hierauf sieht man einzelne Nadeln wachsen und länger werden, es bilden sich aus kleineren größere Nadeln und es schießen auch direkt plötzlich sehr große Nadeln an, es ist dieser Raum zwischen 40 bis 70° Unterkühlung gelegen; hierauf scheinen sich höchstens noch winzige Kriställchen zu

bilden, sei es, daß die Kristallisationsgeschwindigkeit abgenommen hat, sei es, daß keine Augitsubstanz mehr vorhanden ist. Demnach wäre hier die Kurve viel spitzer als bei der Kristallisation des Augites, wenn derselbe allein geschmolzen wird.[1]

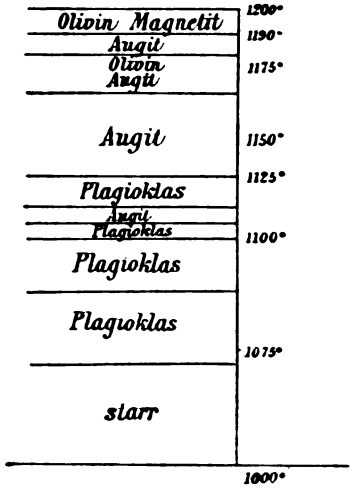


Fig. 4.

Mischung von 15 Olivin, 50 Labradorit, 35 Augit. Schmelzpunkt 1190 bis 1200°. Maximaltemperatur 1220.

Bei 1160° bildete sich Olivin in längeren Nadeln.
» 1150° etwas Augit, auch Olivin.
» 1145° kleine Mengen von Plagioklas und Augit.
» 1130° Bildung von viel Augit, fast gleichzeitig:
» 1125 bis 1100° Plagioklasbildung.
» 1060 » 1020° erneuerte Plagioklasbildung.
» 1020° fest.

Daher zwischen 1160 bis 1150° Olivinbildung;
bei 1150 » 1120° Augitbildung;
von 1145° an Plagioklasbildung.

Bei 1150 bis 1145° schieden sich Olivin, Augit und kleine Mengen von Plagioklas gleichzeitig aus, später die Hauptmasse

[1] C. Doelter, Zentralblatt für Mineralogie, 1903.

des Augites, bei 1120° beginnt die Hauptmasse des Plagioklases sich auszuscheiden.

Mischung von 15 Magnetit, 75 Labradorit, 10 Augit. Der Schmelzpunkt beträgt 1195 bis 1200°, erhitzt wurde bis 1285°.

Bei 1190° scheidet sich etwas Magnetit und Augit aus.
» 1185° starke Plagioklasbildung.
» 1180° Magnetit und Augit.
» 1170 bis 1140° Ausscheidung von Plagioklas und Wachsen der Plagioklaskristalle.
» 1080° scheiden sich neuerdings kleine Plagioklase aus.
» 1050° ist alles fest.

Trotzdem hier eine Unterkühlung nicht eintrat, war doch der vorherrschende Plagioklas nicht zu allererst ausgeschieden, sondern es bildet sich vor allem etwas Magnetit und Augit.

Mischung von 45 Eläolith von Miasc, 45 Augit von Monti Rossi, 10 Magnetit vom Mulatto. Schmelzpunkt 1195 bis 1200°. Maximaltemperatur 1245°.

Die erste Ausscheidung beginnt bei zirka 1180°.

Bei 1180° Spuren von Magnetitbildung.
» 1170° weitere Bildung von Magnetitkörnern.
» 1165° einzelne Augitnadeln.
» 1155° sehr starke Augitbildung, daneben etwas Magnetit.
» 1140° weitere starke Augitbildung.
» 1135° keine Veränderung.
» 1130° einzelne Nepheline.
» 1125° Bildung einzelner größerer Augitgruppen, zumeist von faseriger Beschaffenheit, etwas Nephelin.
» 1120° keine Veränderung.
» 1115° Nephelinbildung, in geringer Menge etwas Augit.
» 1105° weitere Nephelinbildung.
» 1100 bis 1080° Nephelinbildung.
» 1040° starr.

Ein Teil der Schmelze, offenbar der Nephelinrest, war glasig erstarrt.

Aus den Untersuchungen geht hervor, daß das Mengenverhältnis, wie schon in der ersten Mitteilung hervorgehoben, im ganzen und großen doch einen beschränkteren Einfluß hat; Olivin, Magnetit, Augit scheiden sich zumeist vor Plagioklas, Leucit, Nephelin ab, wie wir es in den Eruptivgesteinen auch beobachten und nur teilweise gleichzeitig.

Bei zwei Komponenten beobachten wir stärkere Unterkühlung als bei drei Komponenten. Bei großem Überwiegen von Plagioklas gegen Augit scheidet sich bei zwei Komponenten zuerst etwas Augit ab, dann folgt die Hauptmasse des Plagioklases und dann wieder die des restlichen Augits.

Der Magnetit tritt häufig als Neubildung auf, er entsteht aus eisenreichen Augiten und Olivinen.

Der Olivin schied sich auch bei drei Komponenten immer vor dem Labradorit oder Augit aus, ebenso scheidet sich Magnetit vor Augit, Labradorit aus, Augit, Magnetit vor Nephelin. Der eutektische Punkt hat einen geringeren Einfluß, als theoretisch anzunehmen wäre. Den Vergleich der Ausscheidungsfolge mit der der Eruptivgesteine und mit den Versuchen und Beobachtungen an erkalteten Schmelzen behalte ich mir bis zum Schlusse meiner Untersuchungen vor, ebenso die theoretische Erklärung.

Impfversuche.

Ich muß noch einige Impfversuche erwähnen. Geschmolzene Hornblende, in welche Olivin als Impfstoff getaucht worden war, ergab bei Erstarrung außer Augit auch Olivin. Ich bemerke, daß übrigens die Olivinausscheidung aus Hornblendeschmelzen schon von Löwinson-Lessing[1] beobachtet worden war. Im Gegensatze dazu steht eine weitere Beobachtung, nämlich daß bei Gemengen von Olivin-Augit durch Impfen mit Olivin sich in der Nähe der Impfstelle kein Augit oder sehr wenig ausschied, dagegen fand Anreicherung an Olivin statt, beim Impfen mit Augit trat im Gegenteil Ausscheidung von wenig Olivin und mehr Augit ein. Ähnliche Resultate erhielt M. Vučnik[2] mit Gemengen von Albit und Olivin.

[1] Congrès géolog. intern. St. Petersburg, 1899.

[2] Zentralblatt für Mineralogie, 1904.

Bei Gemengen kann also durch die Aussaat von Kristallen einer Komponente das Verhältnis der beiden Komponenten quantitativ geändert werden, dies ist aber nur dort möglich, wo die beiden Komponenten dieselbe qualitative Zusammensetzung haben. Bei manchen Verbindungen blieb die Impfung resultatlos; so konnte Granat aus seiner Schmelze durch Impfung mit einem höher schmelzbaren isomorphen Glied der Granatgruppe nicht zur Kristallisation gebracht werden. Auch der Versuch, aus Analcim durch Impfung mit Leucit Kristalle eines Natronleucits zur Kristallisation zu bringen, mißlang.

Resultate.

Die Resultate dieser Versuche bestätigen also sowohl meine früheren Beobachtungen als auch die durch Beobachtung erkalteter Silikatschmelzen erhaltenen.

Gewisse Silikate haben die Tendenz, sich zuerst auszuscheiden. Von Nichtsilikaten gehören hieher außer Magnetit auch Korund und Eisenglanz sowie Spinell. Olivin scheidet sich immer vor Augit und vor Labradorit aus, auch vor Nephelin. Der eutektische Punkt fällt oft mit dem Schmelzpunkt zusammen.

Die Reihenfolge bei Augit-Labradoritgemengen ist zumeist die, daß Augit sich zuerst ausscheidet, aber namentlich bei Gegenwart einer dritten Komponente kann hier bei geringer Unterkühlung bei vorherrschendem Labradorit die Ausscheidung so vor sich gehen, daß anfangs nur sehr wenig Augit ausgeschieden wird, dann die Hauptmasse des Labradorits, dann der restliche Augit oder die eutektische Mischung.

Die Ursache, warum gewisse Substanzen die Tendenz haben, unabhängig von ihrer Menge sich zuerst auszuscheiden, liegt vor allem in der Schwerlöslichkeit der betreffenden Verbindungen im restlichen Magma. Der Schmelzpunkt hat wahrscheinlich keinen direkten Einfluß. In der dissoziierten Schmelze sind teils Oxyde vorhanden (neben freien Ionen), teils kompliziertere Al-haltige Moleküle.

Es erfolgt chemische Reaktion nach den Affinitäten. Die nun gebildeten Oxyde und einfache Salze sind schwer löslich

und können sich abscheiden (eine Ausnahme macht der Quarz, der aber bei hoher Temperatur nicht existenzfähig ist). Die Reihenfolge der Ausscheidungen stimmt mit der der Stabilität bei hoher Temperatur und dem Kristallisationsvermögen überein. Die zuerst ausgeschiedenen Substanzen besitzen große Stabilität bei hoher Temperatur und großes Kristallisationsvermögen. Ein direkter Zusammenhang mit der Basizität braucht nicht angenommen zu werden.

Immer bildet sich, wo in einer Schmelzlösung MgO und SiO_2 vorhanden sind, entweder Mg_2SiO_4 oder ein Mg-Pyroxen (Enstatit oder monokliner Mg-Augit), wie auch andrerseits MgO und Al_2O_3 leicht zu Spinell zusammentreten und FeO sich mit Fe_2O_3 zu Magneteisen verbindet, das sind lauter bei hoher Temperatur stabile Verbindungen, sie sind offenbar im Rest-Magma schwer löslich und besitzen auch großes Kristallisationsvermögen. Korund, Spinell, Magnetit, Olivin, Augit sind auch diejenigen Verbindungen, welche sich aus der Schmelzlösung zuerst ausscheiden. Korund, Spinell könnten als metastabil angesehen werden, da sie sich meist nur bei rascher Abkühlung bilden; jedenfalls sind sie aber bei sehr hoher Temperatur diejenigen, die sich am leichtesten bilden.

Alle die zuerst ausgeschiedenen Verbindungen haben auch großes Kristallisationsvermögen und große Kristallisationsgeschwindigkeit.

Würde man bezüglich der Affinität Mg-, Ca-Silikate einerseits, K-, Na-Silikate andrerseits vergleichen, so könnte man zu dem Resultate kommen, daß bei letzteren die Affinität von K, Na größer ist zu SiO_2 als die von Ca, Mg zu SiO_2. Wir haben aber bekanntlich unter den Mineralien keine reinen K- und Na-Silikate, sondern nur solche Alumosilikate. Wenn also die Ionisierungstendenz der Alkalimetalle größer ist als die der Erdalkalimetalle, wie Abegg und Bodländer[1] wohl mit Recht annehmen, so wird bei Alumosilikaten die Sachlage sich ändern.

Die Affinität von Na und K dürfte bei diesen komplexen Verbindungen für SiO_2 wohl eher geringer sein. Aluminium

[1] Zeitschr. für anorgan. Chemie, XX, 1899.

hat nach Abegg und Bodländer große Tendenz zur Komplexbildung.

Leider liegen keine Untersuchungen über die Dissoziation verschiedener geschmolzener aluminiumhaltiger und aluminiumfreier Silikate vor; ohne Kenntnis derselben lassen sich die Verhältnisse schwer verfolgen. Die Versuche von Barus und Iddings[1] beziehen sich nur auf drei geschmolzene Gesteinsmagmen, es läßt sich daraus nur ersehen, daß das saure stärker dissoziiert war als das basische, inwiefern aber darin der Aluminiumgehalt eine Rolle spielt, wissen wir nicht.

Vergleich der Silikatschmelzlösungen mit wässerigen Lösungen.

In meiner ersten Mitteilung besprach ich ausführlicher einen Unterschied zwischen Silikatschmelzen und wässerigen Lösungen in Bezug auf die Schmelzpunktserniedrigung sowie den eutektischen Punkt bei Silikatgläsern. Seither habe ich noch die Resultate mehrerer anderer Versuchsreihen vor mir gehabt und sie bekräftigen mich in der Ansicht, daß wohl Unterschiede vorliegen und daß die van't Hoff'sche Formel für die Gefrierpunktserniedrigung bei Silikatschmelzen kaum anwendbar sein dürfte.

Ob die Silikatschmelzen den Gesetzen der verdünnten Lösungen folgen, ist auch noch keineswegs festgestellt, wenn auch andrerseits eine gewisse Wahrscheinlichkeit dafür spricht, aber Abweichungen sind sicher. Ich habe früher einige Unterschiede gezeigt. (Die Silikatschmelzen, I. Mitteilung.)[2]

Was die Berechnung des Molekulargewichtes durch die Formel $t = \frac{m}{M}\Delta$, worin $\Delta = \frac{0{\cdot}02\ T^2}{R}$ ist, anbelangt, so kann sie nur dann berechtigt sein, wenn man verdünnte Lösungen nehmen würde und solche Silikate, welche keine chemischen Umsetzungen im Schmelzflusse miteinander eingehen. Es ist ziemlich sicher, daß bei verschiedenen Konzentrationen t nur

[1] American Journ. of science, 1894.

[2] Diese Sitzungsber., Februarheft, 1904.

wenig Unterschiede zeigt und dieses spricht nicht für die Anwendbarkeit der Formel.

Die bisherigen Berechnungen an verschiedenen Silikatgemengen ergaben vor allem:

1. einen geringen Einfluß der Konzentration,

2. meist eine zu geringe Schmelzpunktserniedrigung, selten eine zu große,

3. nur dann eine gewisse Übereinstimmung der berechneten Schmelzpunktserniedrigung mit der beobachteten, wenn man ein ziemlich hohes Molekulargewicht der gelösten Komponente annimmt.

In den bisher berechneten Fällen war aber eine gute Übereinstimmung zwischen Beobachtung und Berechnung fast nie zu beobachten und liegt dies nicht nur an der Dissoziation oder Polymerisation und dem Umstande, daß man konzentrierte Lösungen hat, sondern auch an dem, daß auch Reaktionen in der Schmelze stattfinden, wodurch Störungen eintreten, welche die Anwendung der Formel verhindern.

Es sind dann überhaupt nicht mehr die zwei Komponenten, die die Lösung bildeten, vorhanden, sondern mehrere. Ferner zeigen Silikate oft ein Verhalten wie isomorphe Mischungen.

Bei drei Komponenten ergaben sich bei Mischungen von Labradorit, Magnetit, Augit oder Labradorit, Augit, Olivin keine sehr großen Schmelzpunktserniedrigungen und zumeist waren die Unterschiede bei sehr verschiedenen Konzentrationen sehr geringfügige, nur die Mischungen von Albit, Magnetit, Augit zeigen nach einigen vorläufigen Versuchen große Schmelzpunktserniedrigung, die auch mit der Konzentration wechselt.

Alle diese abweichenden Verhältnisse sowie die in der ersten Mitteilung besprochenen zeigen, daß manche Gründe gegen die Anwendbarkeit obiger Formel sprechen.

werden, so bietet sich dem staunenden Beobachter ein eigenartiges Schauspiel dar: Die zu Hunderten in den Körben liegenden Fische verbreiten an ihrer Oberfläche ein weißliches Licht. Bald sieht man nur einige wenige Punkte, die gleich Sternen sich von der übrigen Oberfläche abheben, bald größere Flecke, oder es leuchten ganze Organe, in seltenen Fällen die ganzen Fische, so daß man ihre Umrisse im Bakterienlichte erkennen kann. Solche Fische können ohne Schaden verzehrt werden, denn sie leuchten bereits, wenn die übelriechende Fäulnis noch nicht begonnen hat. Zur Sommerszeit leuchten, wie ich mich vielfach überzeugte, in Triest sehr viele von den Fischen, die zum Verkaufe am Markte bereit liegen.

Von verschiedenen Seefischen und anderen Seetieren aus dem Hafen von Triest habe ich in den letzten vier Jahren sehr oft die darauf vorkommenden Photobakterien rein abgezüchtet, zunächst nur um ihre physiologischen Eigenschaften zu studieren. Meine darüber gesammelten Erfahrungen habe ich in meinem Buche »Leuchtende Pflanzen«[1] verwertet. Nach und nach begann mich auch die Systematik dieser Bakterien zu interessieren; ich suchte sie mit schon beschriebenen zu vergleichen, voneinander zu unterscheiden und da meines Wissens über Leuchtbakterien der Adria noch keine Beobachtungen systematischer Art vorliegen, so will ich hier jene Photobakterien, die mir im Laufe der letzten Jahre begegnet sind, genauer schildern. Es sind deren nicht viele, im ganzen vier Arten, doch dürften bei weiteren Untersuchungen wahrscheinlich noch mehr Spezies gefunden werden. Die gewöhnlichste Art ist *Microspira photogena* Molisch, recht häufig kommt *Microspira luminescens* Molisch vor, seltener tritt *Microspira gliscens* Molisch auf und nur zweimal fand ich die durch ihre höchst intensive Leuchtkraft ausgezeichnete, auch auf Fischen der Nord- und Ostsee vorkommende *Pseudomonas lucifera* Molisch auf. Stets bemüht, die gefundenen Arten mit bereits beschriebenen Leuchtbakterien zu identifizieren — eine Arbeit, die die Geduld und die Ausdauer auf eine harte Probe stellt —

[1] Molisch H., Leuchtende Pflanzen. Eine physiologische Studie. Jena, 1904.

war ich anfangs der Meinung, daß *Microspira photogena* Molisch identisch sei mit *Bacillus Fischeri* (Beyerinck) *Migula*, allein ich überzeugte mich schließlich durch Vergleich meiner Kulturen mit Lebendkulturen von *B. Fischeri* (Beyerinck) Mig. aus der Sammlung von Král in Prag, daß *Microspira photogena* doch verschieden ist von *B. Fischeri*, obwohl ich nicht zweifle, daß sie einander nahe stehen. Auch die andern, von mir aufgefundenen Photobakterien erwiesen sich als neu.

Herr Dozent Král in Prag, der Besitzer der bekannten Sammlung von lebenden Mikroorganismen, hatte auf mein Ersuchen die Güte, bei den im folgenden beschriebenen Arten mit Hilfe der von ihm eingeführten Methode[1] die Geißelfärbung durchzuführen und die meiner Abhandlung beigefügten Photographien (mit Ausnahme von Fig. 3 und 7) herzustellen. Ich spreche Herrn Král hiefür meinen Dank aus.

Provisorisch habe ich in meinem bereits genannten Buche über leuchtende Pflanzen alle 4 Arten zu der Gattung Bacillus gestellt, nun aber kann ihre systematische Stellung auf Grund eines längeren Studiums und namentlich in Anbetracht ihrer Begeißelung genauer fixiert werden: drei von ihnen stelle ich zu *Microspira* und eine zu *Pseudomonas*.

Bei dieser Gelegenheit vermag ich die Bemerkung nicht zu unterdrücken, daß es mitunter recht schwer wird zu entscheiden, ob eine Bakterie *Pseudomonas* oder *Microspira* genannt werden soll.

Nach Migula gehört die erstere Gattung zu den Bakteriaceen, die gerade, niemals schraubig gekrümmte Zellen besitzen, die erstere aber zu den Spirillaceen, welche Familie durch schraubig gewundene Zellen ausgezeichnet ist. Migula[2] sagt bei der Schilderung der Gattung *Pseudomonas* selbst: »Die Grenze gegenüber *Microspira* ist vielleicht eine künstliche; es ist nicht immer möglich zu beurteilen, ob es sich bei eingeißeligen Formen um eine *Microspira* oder eine *Pseudomonas* handelt.« Hierin stimme ich mit Migula vollkommen

[1] Král F., Über einfache expeditive Geißelfärbungsmethoden. Verhandl. der Ges. deutsch. Naturforscher und Ärzte 2. April. Leipzig 1903, S. 621. Ein Referat darüber im Bot. Zentralbl. 1904, Bd. XCVI, S. 243.

[2] Migula W., System der Bakterien. Jena 1897 und 1900, II. Bd., S. 876.

überein und ich bin der Meinung, daß manche Art gerade und gekrümmte Zellen erzeugen kann, und daß es dann von dem Belieben des Beobachters abhängen wird, ob er eine solche Form zur *Pseudomonas* oder zu *Mikrospira* stellt. So finden wir auch bei Migula *Pseudomonas*-Arten (*Ps. fluorescens* [Flügge] Mig., *Ps. acuta*, *Ps. violacea*) mit gekrümmten Zellen, was eigentlich der Familiendiagnose der Bacteriaceen im Sinne Migula's widerspricht.

Im folgenden seien nun die Beschreibungen der neuen Arten gegeben.

I.

Microspira photogena Molisch.

(*Bacillus photogenus* Molisch.)

Gestalt. Gerade oder komma-, bohnenartig, selten S-förmig gekrümmte Stäbchen mit abgerundeten Enden. Zellen häufig mit einer 2 bis 3mal längeren Endgeißel, selten mit einem aus 2 bis 3 Geißeln bestehenden Büschel.[1] Siehe Fig. 1 und 2.

Größe. 0·45 μ bis 2 μ lang und etwa 0·3 μ breit. Nach Messungen in Anilinblauwasser.[2]

Eigenbewegung. Eine Probe von einer 1 Tag alten Salzfleischpeptongelatinekultur zeigt, daß sich die Bakterien sehr lebhaft bewegen. Sie schwimmen sehr rasch durch das Gesichtsfeld oder bewegen sich mehr minder rasch kreiselartig um ihre Längsachse.

Färbbarkeit. Färbt sich mit den verschiedensten Anilinfarbstoffen (Gentianaviolett, Fuchsin, Methylenblau etc.), aber fast gar nicht nach Gram.

Sauerstoffbedürfnis. Wächst gut bei gewöhnlicher Sauerstoffspannung, aber auch bei einer, die etwas geringer

---

[1] Zur Beurteilung der Gestalt verwende ich lebende und nach gewöhnlicher Methode gefärbte Präparate. Geißelpräparate eignen sich hiefür nicht gut, weil die Zellen durch die Beizung und die damit verbundenen Prozeduren ziemlich aufquellen und alteriert werden.

[2] Die in dieser Abhandlung über die Größe der Bakterien angegebenen Messungen beziehen sich insgesamt auf Präparate im Anilinblauwasser.

ist als in der atmosphärischen Luft, denn die Bakterie entwickelt sich oft sehr stark knapp unter der Oberfläche des festen Nähragars. Sie wächst auch schwach anaërob in Nährgelatine mit 3% Traubenzucker.

Lichtentwicklung. Das Licht ist matt, weißlich, zeigt sich auf den verschiedensten, mit 3% Kochsalz versehenen Substraten: Gelatine, Agar, Bouillon, Kartoffeln und Milch. Immer nur bei Gegenwart von Sauerstoff. Bei fortgesetzter Kultur im Laboratorium verliert unsere Bakterie schon nach 2 bis 3 Monaten auf den gewöhnlichen Nahrböden die Fähigkeit, zu leuchten, fast ganz, ohne aber aufzuhören, kräftig zu wachsen.

Temperaturbedürfnis. Entwickelt sich etwa zwischen 0 bis 30°. Sehr gut bei Zimmertemperatur von 18 bis 20° C. Die Leuchtkraft nimmt in der Nähe der oberen Temperaturgrenze des Lebens ab.

Gelatineplatte.[1] 8tägige Kultur bei etwa 16 bis 18° C. Natürliche Größe. Aufliegende Kolonien bis 1 und 1·5 *mm* breit, kreisrund, gelblichweiß, schüsselförmig eingesunken. Nach 14 Tagen die Kolonien nicht viel größer (2 *mm*), bis auf das Glas eingesunken, so daß sie Luftblasen ähneln.

Gelatinestich. Stich: Längs dieses bildet sich ein hohler, nicht von verflüssigter Gelatine erfüllter Kanal, der nach unten gewöhnlich spitz zuläuft. Die Wände des Kanals springen höckerartig in die Gelatine vor und sind mit hellbräunlicher Masse ausgekleidet. Der ganze Stichkanal sieht einem Eiszapfen nicht unähnlich.

Auflage. Eine solche fehlt, an Stelle dieser findet sich die kraterartige Öffnung des Kanals.

Das Bild ist ungemein charakteristisch, da die Gelatine anscheinend nicht verflüssigt, sondern korrodiert wird.

Gelatinestrich. Schon nach 2 Tagen bemerkt man, wie die feuchtglänzende Kultur in die Gelatine rinnenartig einsinkt.

---

[1] Die Fleischpeptongelatine, mit der ich arbeitete, wurde aus Rindfleisch hergestellt. Zu dem Fleischsaft wurden zugesetzt 1% Pepton, 3% Kochsalz, 0·5% Glyzerin und schließlich wurde das Ganze mit Natronlauge schwach alkalisch gemacht.

Später zeigt sich, daß das Einsinken oder, wie man besser sagen kann, die Korrosion der Gelatine nicht gleichmäßig erfolgt, sondern seitlich und nach unten höckerartig erfolgt. In den höckerartigen Ausbuchtungen sammelt sich bräunlichgelbe Bakterienmasse an.

Auf der Agarplatte erhält man gewöhnlich keine einzelnen gesonderten Kolonien, da sie sich zu rasch ausbreiten und sich vereinigen, so daß die ganze Platte in sehr dünner Auflage oder knapp unter der Oberfläche eine grauweiße zusammenhängende Schichte bildet.

Bringt man auf die Mitte einer Agarplatte eine Spur Impfmasse, so erhält man bei Zimmertemperatur häufig schon nach 6 bis 12 Stunden eine 1 bis 2 *cm* (!) im Durchmesser betragende runde, strahlig verzweigte Kolonie, die sich in der Folgezeit über die ganze Platte ausbreiten kann. Die Fig. 3 zeigt auf einer Agarplatte oben 3 Kolonien von *Microspira photogena* 24 Stunden nach der Impfung bei Zimmertemperatur (16 bis 20°) mit ihrem charakteristischen Aussehen, das an die Verzweigungen im Kleinhirn (Lebensbaum) erinnert. Unten erblickt man 3 Kolonien von *Bacillus Fischeri* (Beyer.) Migula, die in ihrem Wachstum sofort ihre Verschiedenheit von unserer Bakterie bekunden.

Trägt man die Impfmasse in Form eines Striches auf, so entwickelt sich schon nach 12 bis 24 Stunden ein eigenartiges Bild, das am besten bald mit den Gängen des Borkenkäfers, bald mit einer moosartigen Verzweigung verglichen werden kann. Das Kolonienbild ist für unsere Bakterie sehr charakteristisch.

Agarstich nach 4 Tagen. Bis hinunter ziemlich stark entwickelt, wollfadenartig, schmutzigweiß. Auflage keine oder außerordentlich dünn über den ganzen Meniscus. Nach 10 Tagen hat sich die Bakterie vornehmlich knapp unter dem Meniscus bis zum Rande und bis zu einer Tiefe von etwa 3 *mm* entwickelt.

Bouillonkultur. Getrübt, mäßiger Bodensatz, der sich beim Schütteln homogen verteilt, kein Häutchen.

Milchkultur. Leuchtet stark und lang.

Chemische Leistungen:

1. Verflüssigt (korrodiert) die Gelatine.
2. Agar- und Kartoffelkulturen zeigen keinen charakteristischen Geruch.
3. Entwickelt in Nährgelatine mit 3% Traubenzucker kein Gas.

Sporenbildung wurde nicht beobachtet.

Vorkommen. Sehr häufig auf toten Fischen verschiedener Art *(Platessa passer, Cepola rubescens)* und andern Seetieren aus dem Hafen von Triest.

II.

Microspira luminescens Molisch.
(*Bacillus luminescens* Molisch.)

Kurze, schwach komma- oder bohnenartig gekrümmte oder auch gerade plumpe Stäbchen, beiderseits abgerundet, manchmal nach dem einen Ende etwas zugespitzt. Die meisten besitzen eine polare Geißel, seltener ein polares Büschel, bestehend aus 2 bis 3 Geißeln. Die Geißel ist 1 bis 3mal länger als die Zelle. (Fig. 4.)

Größe. Gewöhnlich 0·5 bis 2 μ lang und 0·3 bis 0·6 μ breit.

Eigenbewegung sehr lebhaft.

Färbbarkeit. Leicht nach den gewöhnlichen Methoden färbbar, aber nicht nach Gram.

Sauerstoffbedürfnis. Aërob. Leuchtet nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff.

Lichtentwicklung. Schwach, mattweiß.

Temperaturbedürfnis. Wächst fast gar nicht bei 3°, gut bei 10°, sehr gut bei Zimmertemperatur 16 bis 20°, wenig bei 27°, gar nicht mehr bei 31° C.

Gelatineplatte. Nach 3 Tagen bei Zimmertemperatur (16 bis 20°).

a) Natürliche Größe. Bei schütterer Kultur (Kolonien etwa $^1/_2$ *cm* voneinander entfernt) Kolonien etwa $^1/_2$ *mm* breit, kreisrund, flach erhaben, saftig glänzend, sehr durchscheinend, später weißlichgelb. Die aufliegenden mit einem helleren zentralen Punkt, die tiefliegenden kugelig, später von fast orangegelber Farbe.

b) 50fache Vergrößerung. Aufliegende Kolonien kreisrund, hellgelb, fast regelmäßig mit einem gewöhnlich runden zentralen Nabel.

Tiefliegende Kolonien ebenso, noch etwas dunkler gelb, aber kein Nabel.

Gelatinestich. Stichkanal fadenförmig, rauh, Auflage flach, wenig erhaben, langsam sich ausbreitend, ziemlich durchscheinend.

Gelatinestrich. Ausbreitung auf den Strich beschränkt, flach, sehr durchscheinend, fett glänzend, von schwach gelblicher Farbe.

Agarstich. Stichkanal fadenförmig rauh, Auflage feuchtglänzend, gelblichweiß.

Bouillonkultur. Bei Zimmertemperatur tritt nach 1 bis 2 Tagen starke Trübung ein, nach mehreren Tagen deutlicher Bodensatz, der sich beim Schütteln gleichmäßig verteilt.

Chemische Leistungen:

1. Verflüssigt die Gelatine nicht.
2. Entwickelt in Salznährgelatine mit 3% Traubenzucker kein Gas.

Sporenbildung wurde nicht beobachtet.

Vorkommen. Ziemlich häufig auf toten Fischen aus dem Hafen von Triest, z. B. auf *Scomber Scomber* Lin.

III.

Microspira gliscens Molisch. (*Bacillus gliscens* Molisch.)

Ähnelt der vorigen Art.

Gestalt und Größe. Ungefähr wie bei *B. luminescens*, aber Stäbchen etwas schlanker und länger, zumeist 0·5 bis 3 μ. Begeißelung wie bei der vorigen Art. (Fig. 5.)

Eigenbewegung sehr lebhaft.

Färbbarkeit. Färbt sich leicht mit verschiedenen Anilinfarbstoffen, aber nicht nach Gram.

Sauerstoffbedürfnis. Aërob.

Lichtentwicklung. Licht mattweiß, sehr schwach, schwächer als bei der vorigen Art. Wegen der geringen Leuchtkraft gab ich dieser Bakterie den Namen *gliscens* (glimmend).

Temperaturbedürfnis. Wie bei der vorigen Art.

Gelatineplatte. Bild der Kolonien fast so wie bei *Microspira luminescens*, aber im Alter (14 Tage) erhalten sie einen breiten, fast wasserklaren Rand. Es besteht daher jede aufliegende Kolonie aus einer weißlichen mit Nabel versehenen zentralen Partie und einer periferen farblosen durchscheinenden Zone.

Gelatinestrich. Ähnelt auffallend dem der vorigen Art, doch ist auch hier wieder eine wasserklare Berandung des Impfstriches bemerkbar, der Rand ist mehr gekerbt und die Farbe des Striches mehr weißlich, bei der vorigen Art mehr gelblich.

Gelatinestich. Fast wie *Microspira luminescens.*

Bouillonkultur. Fast wie bei *Microspira luminescens.*

Chemische Leistungen:

1. Verflüssigt Gelatine nicht.
2. Entwickelt in Salznährgelatine mit 3% Traubenzucker kein Gas.

Sporenbildung wurde nicht beobachtet.

Vorkommen. Auf toten Fischen aus dem Hafen von Triest.

IV.

Pseudomonas lucifera Molisch.

(*Bacillus lucifer* Molisch.)

Im Monate Februar 1904 züchtete ich von einer toten, aus der Ostsee stammenden Seezunge *(Solea vulgaris)*, später von grünen, aus Bremerhaven bezogenen Heringen und in jüngster Zeit von einem toten Fisch *(Blennius ocellaris)* aus dem Hafen von Triest eine Leuchtbakterie, die sich durch ihr intensives blaugrünes Licht in hohem Grade auszeichnete. Keine mir bekannte Photobakterie leuchtet so stark, selbst das Licht des *Bacterium phosphoreum* (Cohn) Molisch[1], das ich bis vor kurzem nach meinen Erfahrungen für die am stärksten leuchtende Bakterie gehalten habe, erscheint gegen das von *Pseudomonas lucifera* Molisch matt — bei jungen Kulturen. Bei

[1] Molisch Hans, Leuchtende Pflanzen. Eine physiolog. Studie. Jena 1904, S. 60.

älteren kann das *Bacterium phosphoreum* allerdings wieder das Übergewicht erhalten.

Das Licht unserer *Pseudomonas* hat besonders für das nicht ausgeruhte Auge eine prachtvolle blaugrüne Farbe. Das Licht einer jungen Strichkultur ist bereits am hellen Tage in einer Zimmerecke sichtbar und kann nachts auch in einer Entfernung von $^1/_3$ bis $^1/_2$ *m* im Scheine einer gewöhnlichen Kerzenflamme schon wahrgenommen werden.

Bei meinen spektroskopischen Untersuchungen des Bakterienlichtes[1] erhielt ich mit verschiedenen Bakterienarten stets nur kontinuierliche Helligkeitsspektra, die keinerlei Farben erkennen ließen, weil die Intensität des Bakterienlichtes im allgemeinen zu gering war. Das Spektrum der neuen Bakterie aber ließ wegen seiner relativ großen Intensität für das ausgeruhte Auge auch Farben, und zwar Grün und Blau erkennen.

Es ist das der erste bekannte Fall, daß das Spektrum des Lichtes eines pflanzlichen Lebewesens Farbenempfindungen hervorzurufen vermag. Das Spektrum hatte ungefähr die Ausdehnung desjenigen von *Bacterium phosphoreum* Molisch, das heißt von λ 570 bis λ 450.

Die große Lichtintensität macht unsere Leuchtbakterie für Versuche über die Lichtentwicklung von Bakterien besonders geeignet und dies ist der Grund, warum ich es für passend halte, diese Bakterie genauer zu beschreiben.

Gestalt. Wenn man die Form erfassen will, so ist man anfangs geneigt, die Zellen für Kokken zu halten, allein bei genauerer Betrachtung bemerkt man, daß neben den kugelrunden Gestalten auch sehr viele ovale, plumpe, beiderseits abgerundete Formen und endlich mehr minder lange Stäbchen vorkommen. Während in frischen, kurz vorher von Fischen abgezüchteten Kulturen die kugeligen und kurzen Stäbchen vorherrschen, treten bei fortgesetzt überimpften Kulturen auch längere Stäbchen in den

[1] Vergl. darüber sowie über die Literatur meine Schrift: »Leuchtende Pflanzen«, l. c. S. 129.

Vordergrund und da sich hiezu auch Involutionsformen in Form von längeren Fäden hinzugesellen, erhält man ein für den Bakteriensystematiker recht verwirrendes Bild. Ihrer Form nach gehört die Bakterie zu den Bacteriaceen und da sie eine polare Geißel trägt, zu *Pseudomonas*.

Die Zellen sind einzeln oder sehr häufig zu zweien, sehr selten zu dreien oder mehr. Die beweglichen Zellen tragen eine polare Geißel, welche zweimal länger ist als die Zelle. (Fig. 8.)

Größe. Die lebenden kugeligen Formen sind ziemlich groß, sie messen 1·3 μ bis 2·5 μ, die stäbchenförmigen 2·5 μ bis 4 μ und mehr.

Eigenbewegung. Als ich meine ersten Kulturen auf Eigenbewegung prüfte, bemerkte ich davon nichts. Bei längerer Beschäftigung mit diesem Organismus fiel mir jedoch auf, daß unter Tausenden von Zellen, die nur Brown'sche Molekularbewegung zeigten, einige wenige eine sehr deutliche aktive Bewegung aufwiesen. Entweder drehten sie sich rasch um ihre Achse, ähnlich einem Kreisel, oder sie schwammen rasch im Bogen oder gerade bald vorwärts, bald rückwärts, immer waren es aber nur einige wenige, die in der großen Masse der ruhenden diese Bewegung darboten. Da ich des Verdachtes nicht los werden konnte, daß ich vielleicht doch unreine Kulturen vor mir hätte, legte ich neuerdings tadellose Reinkulturen an, aber wieder machte ich dieselbe Erfahrung, obwohl ich auch darauf achtete, daß die verwendete 3%ige Kochsalzlösung, in welcher ich die Bakterienprobe betrachtete, vollkommen steril war. Am schönsten trat die Bewegung in Plattenkulturen auf Salzagar auf. Hier waren die sich bewegenden Kokken, Diplokokken und Involutionsformen relativ häufig. Es ist begreiflich, daß bei der Seltenheit der aktiv beweglichen Individuen auch der Geißelnachweis sehr schwierig ist, indes war es doch in einzelnen Photogrammen möglich, zu zeigen, daß eine polare Geißel vorhanden ist. (Fig. 6.)

Färbbarkeit. Färbt sich leicht mit Anilinfarbstoffen (Fuchsin, Gentianaviolett, Methylenblau), nicht oder wenig nach Gram.

Gelatineplatte. 3tägige Kultur bei Zimmertemperatur (16 bis 20° C.).

a) Natürliche Größe. Aufliegende Kolonien.

Rundlich (nicht wirklich kreisrund) von weißlicher Farbe, bei schütterer Saat durchschnittlich $^1/_2$ *mm* breit, ziemlich erhaben. Die Kolonie läßt sich mit der Nadel als Ganzes abnehmen, im Gegensatz zu denen von *Bacterium phosphoreum* Molisch, die sich wie weiche Butter verschmieren lassen.

b) 50fache Vergrößerung.

Die aufliegenden Kolonien rundlich, erhaben. Der Rand bei den knapp unter der Oberfläche liegenden mehr bis vielfach gelappt — siehe Fig. 7, die tieferen ebenso oder kreisrund. Kolonie nicht selten aus einzelnen, mehr oder minder großen Brocken bestehend, die bei stärkerer Vergrößerung sich wieder aus kleineren, zu einem unregelmäßigen Netz zusammenschließenden Portionen aufbauen. Kolonien im auffallenden Lichte mit hellem, weißlich gelben Rand, im Innern grau. Im durchfallenden Lichte ähnlich.

Agarplatte. 3tägige Kultur bei Zimmertemperatur (16 bis 20° C.).

a) Natürliche Größe. Aufliegende Kolonien: Kreisrund, bei sehr schütterer Saat $^1/_2$ bis $^3/_4$ *mm* breit, weißlich, feuchtglänzend.

Tiefliegende Kolonien: Rundlich oder unregelmäßig schollenartig.

b) 50fache Vergrößerung. Aufliegende Kolonien: Im Gegensatz zu den Gelatinekolonien kreisrund, undeutlich radiär, Rand durchscheinend, Kolonie nach dem Innern schmutzigbraun. In der Mitte ein vorragender Nabel. Tiefliegende Kolonien: Unregelmäßig oder rundlich, schmutzigbraun.

Gelatinestich. 7 Tage alt.

Stich: Fein gekörnt, Wachstum schwach.

Auflage: Weißgrau, feuchtglänzend, rundlich, schwach erhaben.

Agarstich. 7 Tage alt.

Stich: Wachstum üppiger als in Gelatine. Körnelung mehr blasenartig.

Auflage: Üppiger als bei Gelatine.

Gelatinestrich. Nach 7 Tagen. Bleibt auf die nächste Umgebung des Impfstrichs beschränkt. 1 bis 2 *mm* breit, flach, Rand unregelmäßig fein gelappt, matt bis mäßig glänzend, Oberfläche glatt oder rauh, oft etwas gekröseartig, weißlich, fast durchscheinend.

Salzbouillonkultur. Getrübt, schwacher Bodensatz, der sich beim Schütteln homogen verteilt. Kein Häutchen. Leuchtet besonders beim Schütteln stark.

In Salzmilch und auf Salzkartoffeln ruft er lang anhaltendes und prächtiges Leuchten hervor.

Sauerstoffbedürfnis. Wächst am besten aërob, leuchtet nur bei Gegenwart von freiem Sauerstoff.

Temperaturbedürfnis. Wächst zwischen ungefähr +2 und 31° C., bei 2° minimal, schon recht gut bei 12°, noch besser bei 15 bis 20° C.

Chemische Leistungen:

1. Verflüssigt Gelatine nicht.
2. Kartoffelkulturen riechen hefeartig und schwach ammoniakalisch.
3. Entwickelt schon nach 1 bis 2 Tagen bei Zimmertemperatur in Salzgelatine mit 3% Traubenzucker reichlich Gasblasen.

Sporenbildung wurde nicht beobachtet.

Lichtentwicklung ungemein intensiv. Licht von blaugrüner Farbe. Vergleiche ferner das auf Seite 521 bis 522 Gesagte.

Vorkommen. Auf toten Fischen (Seezunge, Häring) der Nord- und Ostsee und des Hafens von Triest (*Blennius ocellaris, Platessa passer*).

Unsere Bakterie erinnert in manchen Eigenschaften an *Bacterium phosphoreum* Molisch (*Micrococcus phosphoreus* Cohn), aber sie ist leicht durch folgende Eigenschaften davon zu unterscheiden.

	Bacterium phosphoreum Molisch	*Pseudomonas lucifera* Molisch
Kolonien	1) kreisrund	rundlich, häufig am Rande unregelmäßig gelappt
	2) homogen	häufig zerklüftet, aus unregelmäßigen Brocken bestehend
	3) butterweich, leicht verschmierbar	zäh, in Brocken mit der Nadel abhebbar
Zellen	unbeweglich	nicht selten lebhaft beweglich
	keine Geißel	eine polare Geißel

Tafelerklärung.

Fig. 1. *Microspira photogena* Molisch.
Reinkultur. Vergrößerung 1000. Geißelfärbung. Die meisten Zellen haben eine polare Geißel.

Fig. 2. Dasselbe, aber die Zelle besitzt ein Geißelbüschel.

Fig. 3. In der oberen Hälfte der Petrischale drei einen Tag alte Kolonien von *Microspira photogena* Molisch in ihrer charakteristischen Verzweigung auf Salzagar. In der unteren Hälfte drei ebenso alte Kulturen von *Bacillus Fischeri* (Beyerinck) Mig.

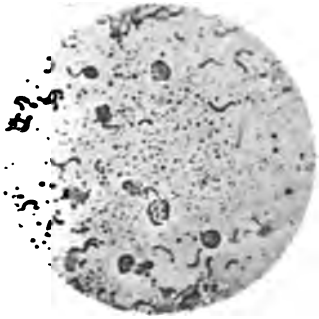
Fig. 4. *Microspira luminescens* Molisch.
Reinkultur. Vergrößerung 1000. Geißelfärbung. Die meisten Zellen haben eine Geißel.

Fig. 5. *Microspira gliscens* Molisch.
Reinkultur. Vergrößerung 1000. Geißelfärbung. Die meisten Zellen haben eine Geißel.

Fig. 6. *Pseudomonas lucifera* Molisch.
Reinkultur. Vergrößerung 1000. Geißelfärbung. In der Mitte eine Zelle mit einer Geißel.

Fig. 7. Dieselbe Art. Zwei Kolonien auf der Gelatineplatte. Sie zeigen einen gelappten Rand und bestehen aus einzelnen Brocken, die bei stärkerer Vergrößerung sich wieder aus kleinen Portionen zusammensetzen.

Molisch, H., Leuchtbakterien im Hafen von Triest.

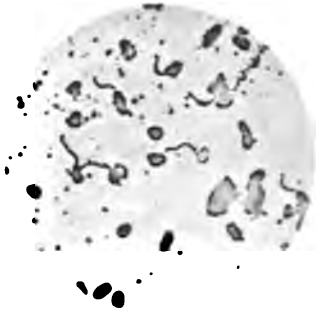


1

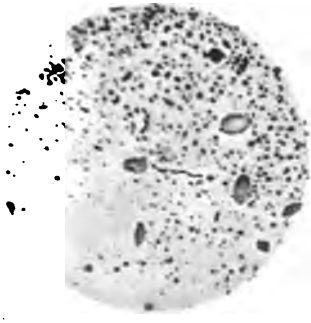
3

2

4



5



6

7

Kral photogr. Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien

Zur Kenntnis der Symbiose eines Pilzes mit dem Taumellolch

von

A. Nestler.

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. November 1904.)

I.

Das so innige Zusammenleben eines Pilzes mit einer höheren Pflanze, wie wir es beim Taumellolch finden, wobei der Pilz stets eine ganz bestimmte Lage in der Frucht — zwischen Aleuronschichte und dem Nuzellarreste — einnimmt, niemals durch das Aleurongewebe in das Stärkeendosperm eindringt, aber auch im Vegetationskegel vorkommt, beim Auskeimen der Frucht ebenfalls zur Entwicklung angeregt wird, durch den ganzen Halm emporwächst und wieder in die jungen Fruchtanlagen eines jeden Ährchens gelangt, ist gewiß einer näheren Beachtung wert, zumal dieses merkwürdige Verhältnis einige interessante Fragen anregt.

Der Pilz gelangt nicht in die Wurzeln, auch nicht in die Blätter, sondern folgt, wie durch einen bestimmten Reiz veranlaßt, beständig nur dem Vegetationspunkte des Halmes. Die Pflanze erleidet durch den Pilz, der natürlich nur von seinem Wirt die notwendige Nahrung erhält, durchaus keine Schädigung; die Früchte sind sogar, wie wir sehen werden, gegenüber starken Sublimatlösungen und andern Giften sehr widerstandsfähig; ihre Keimung ist unter normalen Verhältnissen eine ausgezeichnete und, so weit meine Erfahrung reicht, weit besser als die andrer Loliumarten.

Der Nutzen, den der Pilz seiner Wirtspflanze gewährt, liegt vielleicht in analoger Weise — wie (nach Frank und Stahl) bei der endotrophen Mykorrhiza gewisser Orchideenknollen — darin, daß, wie ich bereits früher[1] nachgewiesen habe und neuerdings Freeman[2] bestätigt hat, beim Keimen der Frucht die Pilzhyphen vollständig aufgelöst werden, daß also ihre Eiweißstoffe der Pflanze möglicherweise zugute kommen.

Diese Leistung vorausgesetzt, können wir das Verhältnis jenes Pilzes zum Taumellolch als eine echte Symbiose bezeichnen, welche in vielfacher Hinsicht von großem Interesse ist.

Es ist zunächst zu bemerken, daß nach einer interessanten Untersuchung Lindau's[3] Taumellolchfrüchte aus altägyptischen Gräbern, deren Alter auf 4000 Jahre geschätzt wird, den charakteristischen Pilz in derselben Form und Lagerung zeigen, wie das gegenwärtig in Ägypten vorkommende *Lolium temulentum* und daß somit, soweit die ägyptische Flora in Betracht kommt, in dem Verhältnisse dieses Pilzes zu seiner Wirtspflanze sich seit 4000 Jahren nichts geändert hat. Daß das auch für Europa gilt, ist wahrscheinlich; es läßt sich aber schwerlich nachweisen, da man hier so alte Loliumfrüchte kaum finden dürfte. Nach den Untersuchungen von Guérin[4] ist sicher, daß das gegenwärtig in Südamerika, Asien und Afrika vorkommende *L. temulentum* bezüglich des Pilzes dieselben Verhältnisse zeigt, wie der europäische Taumellolch.

Das gegenwärtig über alle Erdteile verbreitete *L. temulentum* zeigt somit überall jenes interessante symbiotische Verhältnis, das, nach den Untersuchungen des altägyptischen Taumellolchs zu schließen, wahrscheinlich uralt ist.

---

[1] A. Nestler, Über einen in der Frucht von *L. temulentum* L. vorkommenden Pilz. — Ber. der deutsch. bot. Ges. 1898, p. 213.

[2] E. M. Freeman, The Seed-fungus of *L. temulentum* L., the Darnel. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, 1903, p. 1 bis 27.

[3] G. Lindau, Über das Vorkommen des Pilzes des Taumellolchs in altägyptischen Samen. Sitz. der kgl. Preuß. Akad. der Wiss., XXXV, 1904.

[4] P. Guérin, Sur la présence d'un Champignon dans l'Ivraie. — Journ. de Bot., 1898, p. 230 bis 238.

Wir können wohl annehmen, daß der Taumellolch ursprünglich pilzfrei war und daß seine Früchte durch einen parasitischen Pilz häufig infiziert wurden, der gerade bei dieser Pflanze ihm sehr zusagende Nährbedingungen vorfand. Durch diese Infektion dürften viele Loliumfrüchte in analoger Weise, wie ich es später für *L. perenne* und *L. italicum* nachweisen werde, zu Grunde gegangen sein; einige jedoch zeigten eine solche Widerstandskraft, daß sie trotz der Anwesenheit des Pilzes in unmittelbarer Nähe des Endospermgewebes und im Vegetationskegel keine Schwächung ihres Keimvermögens erfuhren. Es scheint in diesen Fällen namentlich die Aleuronschicht dem Vordringen des Pilzes zu den Reservestoffen der Frucht einen energischen Widerstand geleistet zu haben; denn es ist auffallend, daß man bei keiner, mit der charakteristischen Pilzschicht versehenen Frucht ein derartiges Eindringen des Pilzes, wie es bei *L. perenne* und *L. italicum* öfters beobachtet werden kann, gefunden hat.

Diese widerstandsfähigen Individuen behaupteten sich also gegenüber den schwächeren Formen, deren Zahl allmählich immer geringer wurde.

Von wesentlicher Bedeutung ist nun die Frage, ob gegenwärtig alle *L. temulentum*-Früchte den Pilz haben oder ob es auch pilzfreie Individuen gibt.

Nach Vogl[1] haben die meisten Körner von *L. temulentum* den Pilz; er konstatierte also auch pilzfreie Körner.

Hanausek[2] dagegen untersuchte viele Hunderte von Körnern und fand kein einziges pilzfrei. — Im Jahre 1898 habe ich im Versuchsgarten des pflanzenphysiologischen Institutes zu Prag (deutsche Universität) ein Beet mit *L. temulentum* beflanzt, von welcher Kultur ich noch heute eine große Anzahl von Ähren besitze. Von den gegenwärtig untersuchten zahlreichen Pflanzen zeigte jede den Pilz, jedes Korn hatte seine charakteristische Hyphenschicht.

[1] A. E. Vogl, Zeitschrift für Nahrungsmitteluntersuchung, Hygiene und Warenkunde, 1898, p. 28.

[2] T. F. Hanausek, Vorläufige Mitteilung über den von A. Vogl in der Frucht von *L. temulentum* entdeckten Pilz. Ber. der Deutsch. bot. Ges., 1898, p. 203.

Freeman[1] hat Taumellolchpflanzen aus verschiedenen botanischen Gärten Europas (Bonn, Gent, Upsala, Marseilles, Vallombrosa, Lemberg, München, Lyon und Cambridge) untersucht und konnte mit wenigen Ausnahmen den Pilz konstatieren; im allgemeinen sollen über 95% Samenkörner den Pilz haben, daher eine kleine Anzahl pilzfrei sei. Er nimmt daher zwei Formen von *L. temulentum* an, eine pilzhaltige und eine pilzfreie, letztere also in bedeutender Minderzahl. Diejenigen Körner, welche den Pilz enthalten, sollen nach Freeman besser entwickelt und größer sein als die pilzfreien.

Ohne auf die aus dieser angeblichen Tatsache zu ziehenden Konsequenzen bezüglich einer eventuellen von außen erfolgenden Infektion jener pilzfreien Pflanzen durch Sporen näher einzugehen, möchte ich nur aus meinen eigenen Untersuchungen hervorheben, daß die Größe der (stets als pilzhaltig befundenen) Körner eines Ährchens sehr verschieden ist. Jedes Ährchen hat vier bis sechs normal gebaute Früchte und gewöhnlich außerdem noch an der Spitze eine sterile Fruchtanlage.

Das unterste Korn ist stets relativ bedeutend länger und dicker als das oberste, normal ausgebildete, welches gleichfalls in der bekannten Weise die Hyphenschichte zeigt; z. B. unterste Frucht eines Ährchens 7 *mm* lang, oberste normale Frucht 5 *mm* lang und dünner als die unterste; oder: unterste Frucht 7 *mm* lang, oberste nur 4·5 *mm* lang, sehr schmal.

In verhältnismäßig sehr kleinen, scheinbar verkümmerten, aber, wie die nähere Untersuchung zeigte, doch vollständig ausgebildeten Früchten habe ich stets die charakteristische Hyphenschichte gefunden. Man kann also aus der Größe der Frucht durchaus nicht auf das Fehlen oder Vorhandensein des Pilzes schließen. So interessant es wäre, mit pilzfreien Früchten experimentieren zu können, um zu erfahren, ob vielleicht doch ursprünglich pilzfreie Taumellolchpflanzen nachträglich von außen durch Sporen infiziert werden, so scheitern meines Erachtens diese Experimente daran, daß man pilzfreie Früchte nicht nach der äußern Form, sondern nur durch mechanische Eingriffe vollkommen sicher erkennen könnte. Wenn man selbst

[1] L. c., p. 18.

annimmt, daß die zum Nachweis des Pilzes vorzunehmenden Verletzungen in der Region des Aleurongewebes nicht so bedeutend zu sein brauchen, um die Keimfähigkeit des Kornes vollkommen zu vernichten, so bliebe immer noch die Frage offen, ob in dem Falle, wo in der Region der Aleuronschichte kein Pilz gefunden wurde, nicht doch bereits der Vegetationskegel der Frucht infiziert war. Da ich bei meinen vielfachen Untersuchungen leider keine einzige pilzfreie Frucht finden konnte, war ich auch nicht in der Lage, mich davon überzeugen zu können, ob jene Annahme sich auch beweisen lasse.

Gesetzt den Fall — ich habe ihn, wie gesagt, niemals gefunden — daß das eine oder andere Korn einer vorliegenden Ähre wirklich pilzfrei ist, so kann man daraus noch nicht den Schluß ziehen, daß alle Körner pilzfrei sind.

Bei meinen Untersuchungen über das Vorkommen des Pilzes in den Früchten von *L. temulentum* habe ich auch die sterilen Fruchtanlagen beachtet. An der Basis, also in dem kleinen Stielchen einer solchen Anlage, welche stets nur aus zwei Spelzen oder aus Spelzen und verkümmerten Staubgefäßen besteht, wurde niemals eine Spur des Pilzes gefunden. Dagegen zeigten die Staubbeutel solcher Anlagen, namentlich in den Winkeln der Pollenfächer, stets zahlreiche Myzelfäden, deren Dicke und Form dem charakteristischen Pilz der normalen Frucht entsprechen. Es läßt sich jedoch daraus kein Schluß auf die Identität jener Pilze ziehen; auch war, wie schon gesagt, eine Verbindung des Pilzes der sterilen Fruchtanlage mit dem Pilze des Ährchens beziehungsweise des Halmes niemals nachweisbar. Auch an der Innenseite der Spelzen wurden Hyphen und Konidien gefunden, die aber sicher nicht dem bewußten Taumellolchpilz angehören.

II.

Der Pilz in der Frucht von L. perenne L. und L. italicum A. Br.

a) Lolium perenne L.

Anders als bei *L. temulentum* liegen die Verhältnisse bezüglich des Vorkommens eines Pilzes an bestimmter Stelle der Frucht bei *L. perenne*.

Ich habe seinerzeit[1] Früchte dieses Grases, welche aus dem botanischen Garten (Prag) stammten, untersucht und konnte trotz vielfacher Bemühungen keinen Pilz finden, der dem Taumellolchpilz entsprochen hätte.

Guérin[2] gibt an, daß er bei *L. perenne* nur ein einziges Mal den charakteristischen Pilz gefunden habe.

Hanausek[3] konnte niemals in diesen Früchten den Pilz nachweisen. L. Hiltner,[4] der Versuche über stickstoffsammelnde Eigenschaften der von dem Pilze bewohnten Loliumpflanzen anstellte, sagt, daß er durch eigene Untersuchungen meine und Hanausek's Beobachtungen in jeder Hinsicht bestätigen konnte. Dagegen haben Neubauer und Remer[5] den Pilz gefunden und der betreffenden Angabe die Bemerkung beigefügt, daß »ein solcher Fund bei *L. perenne* zu den Seltenheiten gehöre«.

Freeman[6] untersuchte 30 Pflanzen, von denen fünf den charakteristischen Pilz in der Frucht zeigten.

Durch diese verschiedenen Angaben veranlaßt, habe ich neuerdings sowohl Früchte (bezogen von Haage und Schmidt, Erfurt) als auch ganze Pflanzen untersucht, welche ich in der Umgebung von Prag gesammelt hatte.

Was nun zunächst die untersuchten einzelnen Früchte anbelangt, so fand ich von 50 Früchten 14 (d. i. 28%) mit Pilzhyphen in verschiedener Lagerung. Es ist notwendig, über die Art des Vorkommens des Pilzes einige nähere Angaben zu machen.

Ein Querschnitt durch eine Frucht zeigte folgende Eigentümlichkeiten:

Zwischen Aleuronschichte und dem Nuzellargewebe deutliche Hyphen eines Pilzes (Fig. 2, *h*), deren Lagerung etwas anders ist als bei *L. temulentum*: die Hyphen sind (nach Beobachtung vieler Schnitte durch diese Frucht) meistens in sehr geringer Menge vorhanden, keine so dicke Schichte wie bei

---

[1] L. c. 208.

[2] Cit. nach Freeman, l. c. p. 2.

[3] L. c. 207.

[4] Cit. nach H. Neubauer, l. c.

[5] H. Neubauer, Über die von A. Vogl entdeckte Pilzschicht in Loliumfrüchten. Zentralbl. für Bakteriologie etc., IX. Bd., 1902, p. 653.

[6] L. c. p. 10.

L. temulentum; die Hyphen in der Regel parallel der Aleuronschichte gestreckt, seltener ein wenig ineinander gewunden, niemals so dicht durcheinander verlaufend wie bei *L. temulentum*; Hyphen gegliedert, die Gliederung namentlich sehr deutlich nach Behandlung mit verdünnter Kalilauge sichtbar (Fig. 3); Dicke der Hyphe 2·4 μ.

Dieselben Hyphen in analoger Lagerung auch an manchen Stellen zwischen Spelze und dem Gewebe der Fruchthaut (Fig. 1, *h*). Nach Form, Dicke und Septierung dieser Hyphen zu schließen, nehme ich an, daß es derselbe Pilz ist, wie der zwischen Aleuron- und Nuzellarschichte. Auf einer herauspräparierten Aleuronschichte (Flächenansicht) wurden zwischen Hyphen auch vereinzelte Konidien gefunden.

Diese auffallende Verteilung des Pilzes in der Frucht wurde einige Male nachgewiesen. In einigen andern Fällen wurden dieselben Hyphen wie früher gefunden, jedoch nur zwischen Spelze und Fruchthaut, nicht zwischen Aleuron- und Nuzellarschichte.

Eine dritte Form: Ein breiter Raum zwischen Aleuron- und Samenschale (von dem Nuzellarreste ist nichts mehr zu sehen) ist vollständig ausgefüllt von wirr durcheinander verlaufenden, jedoch locker angeordneten Hyphen; Form derselben wie in den früheren Fällen. Derselbe Pilz, jedoch in geringer Menge, an manchen Stellen zwischen Spelze und Fruchthaut, wo diese beiden Schichten etwas gelockert sind und einen kleinen Hohlraum freilassen; ferner: Hyphen auch im Stärkeendosperm. (Genau dasselbe Bild, jedoch mit einer andern Pilzart, habe ich bei einem Roggen gefunden, der nach seiner physiologischen Wirkung unbedingt als sogenannter Taumelroggen bezeichnet werden mußte.) Zwischen den Hyphen zahlreiche Konidien: 12 μ lang, 2·4 μ breit.

Bemerkenswert ist ferner folgendes Vorkommen des Pilzes bei *L. perenne*: Hyphen an der Außenseite der Aleuronschichte, also analog wie bei *L. temulentum*, jedoch meist nur sehr spärlich, an manchen Stellen in etwas größerer Menge; diese Schichte geht (am Fruchtquerschnitt betrachtet) rings um die Frucht, ist also auch an der Rinnenseite vorhanden, wo bei *L. temulentum* niemals Pilzhyphen vorkommen. Gleichzeitig ist

bei dieser Frucht von *L. perenne* am Fruchteinschnitte der Pilz auch zwischen Fruchthaut und Samenhaut nachweisbar.

Schon aus diesen Untersuchungen einzelner Früchte von *L. perenne* geht deutlich hervor, daß hier ganz andere Verhältnisse vorliegen als bei *L. temulentum*, nämlich ein Vorkommen eines Pilzes in der Frucht, wie man es in analoger Weise bei jedem Taumelroggen finden kann.

Außer diesen Früchten wurden noch ganze Pflanzen mit eben reifgewordenen Früchten untersucht, welche an verschiedenen Orten um Prag gesammelt worden waren.

Es zeigte sich, daß manche Pflanzen den Pilz weder in der Frucht noch im Halme besaßen; bei anderen wurde konstatiert, daß der Pilz in den Früchten aller Ährchen und im Halme selbst vorhanden war.

Bezüglich des Vorkommens des Pilzes in der Frucht fand ich hier dieselben Verhältnisse, wie sie oben für einzelne Körner angegeben wurden: bald analog dem Vorkommen in in der Frucht von *L. temulentum*, bald wieder in allen Teilen der Frucht, auch im Stärkeendosperm. In einer noch nicht ganz reifen Frucht, bei welcher nur eine Hyphenschichte zwischen Aleuron- und Nuzellargewebe vorkam, zeigten die isolierten Hyphen eine eigentümliche Form (Fig. 4), wie ich sie bei *L. temulentum* niemals beobachtet hatte. Abgesehen von dieser Hyphenform, welche sich bei weiterem Wachstum möglicherweise noch verändert hätte, scheint es wahrscheinlich, daß die Pilzspezies bei *L. perenne* dieselbe sei wie bei *L. temulentum*, daß aber bei *L. perenne* keineswegs dasselbe symbiotische Verhältnis vorliegt wie beim Taumellolch. Ich urteile, daß in jedem einzelnen Falle bei *L. perenne* eine Infektion von außen stattgefunden hat, welche mitunter alle Früchte ergreift, auch in das Stärkeendosperm eindringt und den ganzen Halm infiziert. Je nach den besonderen Verhältnissen des Standortes und der Witterung wird der Parasit auf *L. perenne* sich mehr oder weniger ausbreiten; daher mag es kommen, daß einmal kaum eine Frucht den Pilz enthält, ein andermal wieder verhältnismäßig viele den Parasiten zeigen.

Wenn bei *L. perenne* dieselben Verhältnisse vorlägen wie bei *L. temulentum*, dann müßte sich auch das Eindringen des Pilzes in den entstehenden Halm beim Keimen der Früchte von *L. perenne* nachweisen lassen, wenn man bei einer entsprechenden Kultur von Tag zu Tag die sich entwickelnden Pflänzchen in analoger Weise wie bei *L. temulentum* untersucht. Um hier eine Entscheidung zu treffen, wurden Früchte von *L. perenne* zunächst möglichst gut sterilisiert — $^1/_2{}^h$ in 1% Sublimat, dann zehnmal mit ausgekochtem destilliertem Wasser gewaschen — hierauf in sterilisierte Keimschalen ausgesät.

Resultat: Von 59 Körnern waren 16 (d. i. 27%) nicht aufgegangen, 43 entwickelten sich vollkommen normal. Der Prozentgehalt der nicht keimfähigen Früchte ist nahezu derselbe, wie das früher konstatierte Verhältnis der Früchte mit Pilz (= 28%) zu denen ohne Pilz.

Es wurden nun zunächst diese nicht keimfähigen Früchte genau untersucht; alle zeigten Pilzhyphen in verschiedener Anordnung:

a) Hyphenverteilung wie beim Taumelroggen; Vordringen derselben bis in das Stärkeendosperm;

b) Hyphenanordnung wie bei *L. temulentum*, zwischen Aleuron- und Nuzellarschichte, jedoch auch im Gebiete der Fruchtrinne, wo bei *L. temulentum* niemals Hyphen vorkommen;

c) starke Pilzschichte zwischen Aleuron- und Nuzellargewebe, vereinzelt Hyphen zwischen Spelze und Fruchthaut und im Stärkeendosperm.

Es scheint wohl keinem Zweifel zu unterliegen, daß die mehr oder weniger zahlreichen Pilzhyphen die Ursache des Nichtkeimens dieser Früchte sind.

Es wurden nun die gut entwickelten Halme der ausgekeimten Körner untersucht.

Falls wenigstens vereinzelt bei den Früchten von *L. perenne* ein Pilz dieselbe Rolle spielen würde, wie bei *L. temulentum*, so müßte er beim Auskeimen der Frucht in die junge Pflanze gelangen und leicht nachzuweisen sein.

Trotz der sorgfältigsten Untersuchungen dieser Halme, namentlich der Gewebepartien in der Nähe des Vegetations-

kegels und der Knotenpunkte, konnte in keinem Falle die Spur einer Pilzhyphe nachgewiesen werden. (Bringt man eine solche, aus mit Sublimat behandelten Früchten hergestellte Kultur unter Anwendung besonderer Schutzmaßregeln gegen Infektionen bis zur Fruchtreife, so wird man in den neuen Früchten höchst wahrscheinlich vergebens nach einem Pilze zwischen Aleuron- und Nuzellargewebe suchen. Leider konnte ich diesen Versuch heuer nicht mehr ausführen.)

Diese sämtlichen Resulte der Untersuchungen der Früchte und Pflanzen von *L. perenne* bestimmen mich anzunehmen, daß das Vorkommen eines Pilzes in diesen Früchten keineswegs vergleichbar ist mit dem symbiotischen Verhältnisse eines Pilzes zum Taumellolch, sondern daß bei *L. perenne* in analoger Weise wie bei dem von mir untersuchten Taumelroggen und wahrscheinlich auch bei anderen Grasfrüchten Infektionen von außen durch Pilze stattfinden, welche mehr oder weniger tief in die Früchte eindringen und das Keimvermögen derselben stören. Während die Früchte von *L. temulentum* außerordentlich gut keimen, trotz der konstanten Anwesenheit eines Pilzes, wurde allgemein beobachtet, daß *L. perenne* ein weit schlechteres Keimvermögen besitzt.

b) **Lolium italicum** A. Br. (= **L. multiflorum** Lam.)

In den Früchten von *L. italicum* A. Br. (aus dem Prager botanischen Garten) habe ich seinerzeit[1] vergebens die charakteristische Hyphenschichte gesucht. Neubauer und Remer[2] sagen, daß sie bei *L. multiflorum* Lam. (= *L. italicum* A. Br. Anm. des Verf.) trotz wiederholten Suchens den Pilz niemals zu Gesicht bekommen haben. Freeman[3] fand unter 57 untersuchten Pflanzen zwei mit dem Pilz.

Die neuerdings von mir durchgeführten Untersuchungen dieser Früchte (bezogen von Haage und Schmidt, Erfurt) ergaben folgende Resultate:

Von 50 untersuchten Früchten zeigten 13 (d. i. 26%) Pilzhyphen in verschiedener Anordnung:

[1] L. c. p. 208.
[2] L. c. p. 653.
[3] L. c. p. 19.

a) eine sehr lockere, schmale Pilzschichte zwischen Aleuron- und Nuzellargewebe, an einigen Stellen unterbrochen; dieselben Hyphen vereinzelt zwischen Spelze und Fruchthaut; die Gestalt der Hyphen gleicht denen von *L. perenne;*

b) Hyphenanordnung wie bei *L. temulentum*, doch nicht so dicht;

c) eine verschieden dicke Pilzschichte, der Aleuronschichte außen anliegend; an manchen Stellen ein breites, gegen die Samenschale zu konvexes Polster, pseudoparenchymatisch erscheinend, ein Stroma, von welchem gegen die Samenschale zu sehr zahlreiche Konidien abgeschnürt werden: diese Konidien einzellig, walzenförmig, 12 μ lang, 2·4 μ breit.

Bezüglich einer eventuellen Identität dieses Pilzes mit dem von *L. temulentum* läßt sich nichts Bestimmtes sagen, da aus einer Ähnlichkeit der Hyphen kein Schluß gezogen werden kann. In analoger Weise, wie bei *L. perenne*, wurden auch Kulturen von *L. italicum* angelegt, ferner die nicht gekeimten Früchte und die normal entwickelten Halme untersucht. Die Resultate sind dieselben, wie bei *L. perenne*: die nicht gekeimten Früchte zeigen Pilzhyphen in der oben angegebenen Anordnung; die Halme lassen keine Spur eines Pilzes erkennen.

Man ist also durchaus nicht berechtigt, das eventuelle Vorkommen eines Pilzes in den Früchten von *L. italicum* als identisch zu bezeichnen mit den Verhältnissen bei *L. temulentum.*

Es scheint mir sehr wahrscheinlich zu sein, daß sowohl *L. perenne* als auch *L. italicum*, falls verhältnismäßig zahlreiche Früchte derselben von Pilzen durchsetzt sind, dieselbe physiologische Wirkung äußern wie *L. temulentum* und der sogenannte Taumelroggen.

Bei dieser Gelegenheit bemerke ich, daß es von hohem Interesse wäre, einen Roggen, der sicher als Taumelroggen erkannt wurde, chemisch zu prüfen, ob er dieselben Alkaloide enthält wie *L. temulentum.*

III.

Versuche, den Pilz von Lolium temulentum rein zu kultivieren.

Ein Hauptbestreben bei allen Untersuchungen der Früchte von *L. temulentum* ging dahin, den mit der Pflanze und der Frucht so innig verbundenen Pilz rein zu kultivieren, um ihn eventuell zur Fruktifikation zu bringen, die Spezies zu bestimmen und eine größere Menge dieses Pilzes chemisch zu prüfen, um zu erfahren, ob vielleicht der Pilz allein die im Taumellolch nachgewiesenen Gifte enthält.

Bereits 1898 habe ich vielfache Versuche angestellt, um den unter bestimmten, notwendigen Kautelen aus der Frucht herauspräparierten Pilz auf verschiedenen Nährböden zum Wachstum zu veranlassen. Alle Versuche verliefen resultatlos; wohl entwickelte sich mitunter ein Pilz, der aber sicher nicht dem Taumellolchpilz entsprach.

Freeman[1] teilte die Früchte mit einem gut sterilisierten Messer durch einen Längsschnitt in zwei Teile; die Hälfte mit dem Einschnitte des Kornes wurde weggeworfen, aus der andern Hälfte wurde die Stärke entfernt und die Pilzschichte bloßgelegt. Mit sterilen Nadeln konnte er nun kleine Bestände der Hyphenschichte herauspräparieren. Als Nährböden verwendete er Bierwürzegelatine 2%, Fleischextraktgelatine 2% und destilliertes Wasser.

Der Erfolg war ein negativer.

Ich habe neuerdings Kulturen der unter allen Vorsichtsmaßregeln aus der Frucht isolierten oder der Aleuronschichte noch anhaftenden Hyphen versucht und als Nährböden benützt: Bierwürzegelatine; Bierwürzegelatine plus wässerigen Loliumextrakt (hergestellt aus zerkleinerten Halmen und Früchten von *L. temulentum*); Loliumextrakt allein; Loliumextrakt plus Gelatine, AgarAgar etc. etc.; Kulturen teils in sterilisierten Petrischalen, teils auf Objektträgern, im hängenden Tropfen bei verschiedenen Temperaturen (bis 25° C.). Alle Versuche blieben ohne einen sicheren Erfolg.

[1] L. c. p. 12.

Alle diese sorgfältig angelegten Kulturen ergeben, obwohl stets nur ein negatives Resultat zu verzeichnen war, doch eine bemerkenswerte Tatsache: Die in der Frucht von *L. temulentum* zwischen Aleuron- und hyaliner Schichte befindlichen Hyphen eines Pilzes haben unter den genannten Verhältnissen kein weiteres Wachstumsvermögen.

Ich versuchte nun noch auf eine andere Weise den Pilz zu kultivieren.

Ich benützte dazu kleine Gewebestücke mit dem Pilze aus jungen Keimpflanzen, und zwar unterhalb des Vegetationskegels, dem der Pilz beim Wachsen der Pflanze bekanntlich beständig folgt. Das Fernhalten anderer Pilzsporen und namentlich der Bakterien ist bei diesen Versuchen aus naheliegenden Gründen sehr schwierig. Es ist unbedingt notwendig, die betreffenden Gewebestücke samt den deutlich sichtbaren Hyphen zwischen den Zellen bei Beginn der Kultur genau zu zeichnen, um eventuelle Veränderungen mit Sicherheit wahrnehmen zu können.

Ich kann nur einen einzigen, sicheren Fall konstatieren, welcher zeigt, daß bei weiteren Versuchen die Kultur dieses Pilzes auf diese Weise vielleicht doch möglich sein wird: ein Loliumpilzfaden in einem geraden, längeren Interallularraum zeigte auf Bierwürzegelatine plus Loliumextrakt ein Wachstum; die einzelnen Zellen dieses Fadens trieben seitlich etwa 20 bis 30 μ lange Zweige, dann hörte leider das Wachstum aus unbekannten Gründen vollständig auf.

IV.

Eigentümliche Schleifenbildung bei den jungen Pflanzen von L. temulentum L.

Bei einem letzten Versuche, um den Loliumpilz zum Heraustreten aus der Pflanze und eventuell zur Fruktifizierung zu bringen, zeigte sich in der Regel eine eigentümliche, abnormale Bildung, die ich hier kurz erwähnen will, da sie möglicherweise auf den Einfluß des Pilzes in der Pflanze zurückzuführen ist.

Bei diesen Kulturversuchen leitete mich folgender Gedankengang:

Wenn eine mit gut sterilisierten Früchten hergestellte Kultur von *L. temulentum* auf ausgeglühtem Quarzsand oder sterilisiertem Filtrierpapier ohne Zufuhr einer Nährlösung gelassen wird, dann hört das Wachstum, nachdem die Halme 1 bis 1·5 *dcm* Höhe erreicht haben, auf; sie sterben allmählich ab. Es wäre nun denkbar, daß der im Halme aufwärts wachsende Pilz in dieser Lage aus seiner parasitischen Lebensweise in eine saprophytische übergeht, an der Oberfläche des Halmes erscheint und fruktifiziert. Der Erfolg war der, daß in einigen Fällen nach Abschluß des Versuches sämtliche Pflänzchen von einer Fusariumart bedeckt waren, welche nach der Gestalt der Hyphen wahrscheinlich nicht identisch mit dem Taumellolchpilze ist; in anderen kamen verschiedene saprophytische Pilze zur Entwicklung; in seltenen Fällen blieb jede Entwicklung eines Pilzes vollständig aus.

Da bei dieser Gelegenheit die oben erwähnten Schleifenbildungen in der Regel sichtbar wurden, will ich die Versuchsanstellung näher beschreiben. Große, verschließbare Glasschalen wurden im Innern mit Filtrierpapier ausgekleidet oder der Boden mit ausgeglühtem Quarzsand bedeckt und im Heißluft-Sterilisierapparat bei 150° (1^h) sterilisiert.

Um die Taumellolchfrüchte möglichst gut von anhaftenden Pilzkeimen zu befreien, wurden sie 10 bis 15 Min. in 1%iger Sublimatlösung gehalten, dann zehnmal mit sterilisiertem Wasser gewaschen und nach 24stündiger Quellung ausgesät. Nach dieser Behandlung gehen fast alle Früchte sehr gut auf.[1]

[1] Die Früchte von *L. temulentum* können noch weit mehr vertragen; allerdings ist dann die Zahl der keimenden Früchte weit geringer:

a) 1% Sublimat, 1^h lang eingewirkt; dann gründlich gewaschen; Kulturen bei Lichtabschluß: es keimten normal 69%; im Lichte: es keimten 55%;

b) 1 Stunde in 2·5% Sublimat, dann gründlich gewaschen. Von 30 Körnern entwickelten sich 6 normal;

c) 24 Stunden in 10% Kupfervitriollösung, dann zehnmal mit sterilisiertem Wasser gewaschen. Erst nach 11 Tagen zeigten sich bei 7 von 48 Früchten kleine Halmspitzen, keine Wurzeln; in 24 Tagen wurden die Hälmchen 10 *cm* hoch; Wurzelbildung blieb vollständig aus.

Bei allen diesen, nach einmaliger Benetzung mit sterilisiertem destillierten Wasser sich selbst überlassenen, bei Lichtabschluß gehaltenen Kulturen zeigte sich stets, bisweilen vereinzelt, öfters jedoch bei allen Pflanzen seitlich an der Achse je eine eigentümliche Schleifen- oder Ringbildung, wie sie meines Wissens bisher nicht beobachtet worden ist.

In einer gewissen, fast konstanten Entfernung von dem hypokotylen Gliede, das bei diesen Kulturen stets sehr in die Länge gestreckt ist, zeigt sich eine Schleifenbildung, deren eines Ende aus dem unteren Teile des Halmes kommt, das andere verläuft in dem oberen Teile (Fig. 5, *s*). Bei genauer Betrachtung sieht man, daß diese Schleife aus einem kleinen Längsriß des Halmes hervorkommt (Fig. 7); der nach aufwärts gehende Teil der Schleife ist in der Regel mehr oder weniger gewellt (Fig. 8); die Schleife kann einen Durchmesser bis zu 2·5 *cm* erreichen. Mitunter entfaltet sich aus der Schleife ein Blatt, welches, entgegen den normalen Wachstumsverhältnissen, nach abwärts zu wachsen scheint und der Pflanze ein sehr eigentümliches Aussehen gewährt (Fig. 9).

Die erste Andeutung dieser abnormen Bildung zeigte sich gewöhnlich in ungefähr 18 Tagen nach Anlegung der Kultur, bisweilen bereits nach 12 Tagen; in 25 Tagen waren mitunter sämtliche Pflanzen mit diesen Schleifenbildungen versehen; die Halme selbst waren 1 bis 1·5 *dcm* hoch, seltener nur 6 bis 9 *cm*. Nebenbei sei bemerkt, daß alle Pflanzen an der Austrittsstelle der Schleife eine starke Ausscheidung liquiden Wassers zeigen.

Zur Erklärung dieser Bildungen ist folgendes zu sagen:

Fig. 5 stellt eine derartige Pflanze mit Schleifenbildung in natürlicher Größe dar. Durch vorsichtiges Ziehen gelingt es, die obere, zur Schleife gehörige gelbliche Achse (Fig. 6, *b*) aus der oben vollständig geschlossenen farblosen Hülle (Fig. 6, *k*) herauszuziehen. Diese Hülle (*k*) ist das scheidenförmige Keimblatt, die Schleife (*s*) und der aus dem Keimblatt herausgezogene Teil sind die Hauptachse des Halmes. Während bei normalem Wachstum das Keimblatt eine kurze, oben offene Röhre darstellt, aus welcher zunächst das erste Laubblatt hervorkommt, ist bei diesen abnormalen Bildungen das Keimblatt

gleichmäßig mit der Achse des Halmes emporgewachsen und bedeckt diesen wie mit einer langen Kappe vollständig. Während das Keimblatt sein Wachstum bald vollständig einstellt, schreitet die Entwicklung des Halmes durch die Tätigkeit des Vegetationskegels (*v*) weiter vorwärts, und da das erste Laubblatt eben infolge der geschlossenen Hülle sich nicht weiter emporstrecken kann, so wird das scheidenförmige Keimblatt an der lebhaften Wachstumszone der Halmachse durchbrochen; es entsteht ein kleiner Spalt, durch welchen nun naturgemäß eine kleine Schleife zum Vorschein kommen muß. An dem unteren Teile der Schleife liegt, wie die anatomische Untersuchung zeigt, der Vegetationskegel (Fig. 6, 8, 9, *v*.), durch dessen Tätigkeit die folgenden Blätter entstehen. Beachtet man die Lage dieses Vegetationskegels und die (in Fig. 9 durch einen Pfeil angedeutete) Wachstumsrichtung in der Schleife, so wird es ohneweiters verständlich, daß das nächste sich aus der Schleife entwickelnde Blatt gezwungen wird, eine Wachstumsrichtung einzunehmen, die der der Hauptachse der Pflanze gerade entgegengesetzt ist. Solche Formen, wie die in Fig. 9 abgebildete, findet man nicht selten.

Die Schleifenbildung bei den in der angegebenen Weise angelegten Kulturen von *L. temulentum* entsteht, wie schon gesagt, zahlreich im Dunkeln, seltener im Lichte; die Höhe der Kulturgefäße ist dabei ganz gleichgültig.

Die genau unter denselben Bedingungen angelegten Kulturen von *L. perenne* und *L. italicum* zeigten niemals jene Schleifenbildung; auch hier ist bei Kulturen unter Lichtabschluß das hypokotyle Glied stets sehr lang gestreckt; darauf folgt das scheidenförmige Keimblatt, das jedoch stets eine oben offene Röhre bildet, durch welche die Halmachse emporwächst, so daß sich die Laubblätter normal entfalten können.

Bei Hafer, Gerste, Roggen, Weizen und Mais konnte gleichfalls niemals eine derartige abnorme Bildung beobachtet werden.

Ob die Ursache der Schleifenbildung bei *L. termulentum* in besonderen morphologischen Verhältnissen dieser Keim-

pflanze oder in dem Einflusse des hier stets vorhandenen Pilzes liegt, kann ich nicht entscheiden.

Bezüglich des Vorkommens des Pilzes in einer Taumellolchpflanze mit Schleifenbildung ist folgendes zu sagen:

Im hypokotylen Gliede (Fig. 9, *h*) habe ich nur ausnahmsweise Hyphen in den Interzellularen angetroffen, welche nach Form und Dicke wahrscheinlich nicht dem Taumellolchpilz angehören; oberhalb der Nebenwurzeln (*n*) wurden die charakteristischen Hyphen stets, jedoch nur in geringer Menge gefunden, dagegen sehr zahlreich unmittelbar unter dem Vegetationskegel (*v*); der aus dem oben geschlossenen Keimblatte herausgezogene Halm (*b*) sowie das Keimblatt selbst haben den Pilz nicht.

Erklärung der Abbildungen.

Lolium perenne L.

Fig. 1, 2: Querschnitt durch die Frucht, *sp* = Spelze; *f* = Epidermis der Fruchthaut; *n* = Nuzellargewebe; *h* = Hyphenschichte; *a* Aleuronschichte. V. 300.

Fig. 3. Aleurongewebe mit anliegenden Hyphen nach Behandlung mit verdünnter Kalilauge; Flächenansicht. V. 300.

Fig. 4. Isolierte Hyphen aus einer noch nicht reifen Frucht, zwischen Aleuron- und Nuzellarschichte. V. 300.

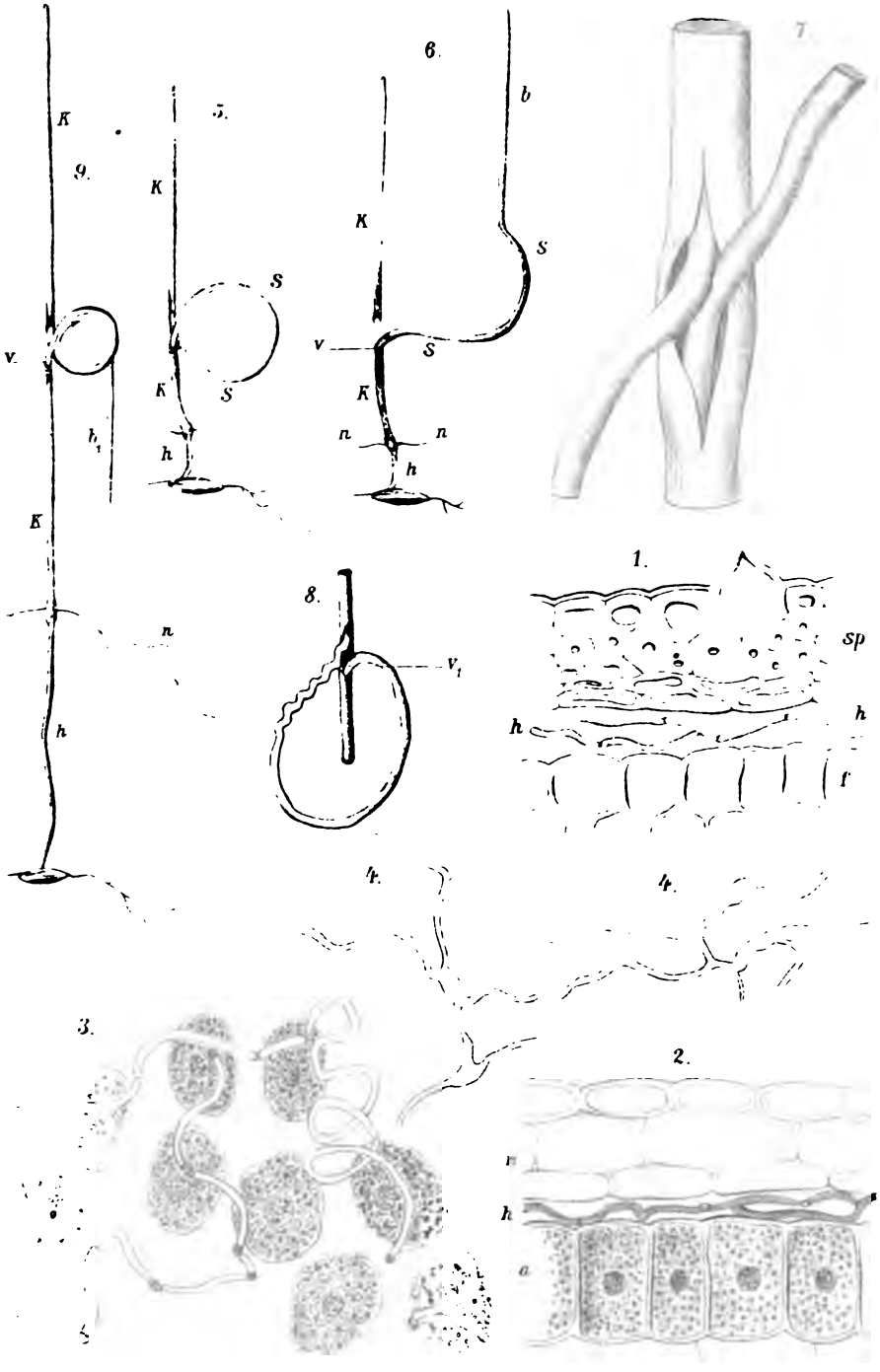
Lolium temulentum L.

Fig. 5, 6: Keimpflanze mit eigentümlicher Schleifenbildung. *k* = hypokotyles Glied; *k* = Keimblatt; *s* = Schleife; *v* = Lage des Vegetationskegels; *b* (Fig. 6) = der aus dem scheidenförmigen Keimblatt (*k*) herausgezogene Halm. Natürliche Größe.

Fig. 7. Ein Teil des Halmes an der Austrittsstelle der Schleife. Schwach vergrößert.

Fig. 8. Schleife schwach vergrößert; der obere Teil (*a*) wellenförmig gestaltet; *v* = Lage des Vegetationskegels.

Fig. 9. Keimpflanze mit Schleifenbildung, aus welcher sich das erste Laubblatt (b_1) entwickelt hat. Natürliche Größe.



N. d. N. gez. von A. Nestler

Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. IX. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRYSTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Kaulfuß[1] suchte durch Anwendung neuer Charaktere die Grundlage für eine natürlichere Systematik zu schaffen; von seinem System soll hier nur Erwähnung finden, daß er Gruppen, die ungefähr dem entsprechen, was wir heute unter *Cyatheaceae* und *Hymenophyllaceae* verstehen, von den *Polypodiaceae* abtrennte.

Die neuere Systematik schließt sich an Mettenius[2] an, der unter Benützung von Merkmalen des Sporangiums (Lage des Ringes und Richtung des Aufspringens) die Farne in acht Ordnungen einteilte: *Polypodiaceae, Cyatheaceae, Hymenophyllaceae, Gleicheniaceae, Schizaeaceae, Osmundaceae, Marattiaceae* und *Ophioglossaceae.*

Auf dieser von Mettenius geschaffenen Grundlage konnte die moderne, auf phylogenetischer Entwicklung begründete Systematik weiterbauen; auch sie benützte die Beschaffenheit der Sporangien, die vertikale, schiefe oder schräge Lage des Ringes, seine Ausbildung in Bezug darauf, ob er geschlossen ist oder nicht, die Art des Aufspringens der reifen Kapsel zur Abgrenzung der Familien.

Daß in der modernen Systematik die Auffassung dieser Merkmale eine andere ist als in der älteren, die bloß nach logischen Einteilungsprinzipien suchte, ist dabei selbstverständlich. Jene konnte die Einteilungsprinzipien von dieser nur dann übernehmen, wenn sie damit natürliche Einheiten begründen konnte. Da es sich nun zeigte, daß die durch die Beschaffenheit des Sporangiums abgegrenzten Familien tatsächlich Einheiten im Sinne einer phylogenetischen Systematik seien, wurden die alten Einteilungsprinzipien beibehalten, die man mehr oder weniger als praktische, die Übersicht erleichternde Merkmale aufzufassen pflegte.

Im folgenden glaube ich nun zur Begründung der Ansicht beitragen zu können, daß uns in der Tat schon die Sporangien an und für sich die Grundlage für eine natürliche Einteilung geben können. Die Lage und Beschaffenheit des Annulus allein — d. h. ohne Rücksicht auf andere Merkmale — würde uns

[1] Kaulfuß, Das Wesen der Farnkräuter (Leipzig 1827).

[2] Mettenius, Filic. horti bot. Lips. (1856).

nie dazu berechtigen können, damit Familien abzugrenzen; diese Eigenschaften könnten offenbar ebensosehr der Ausdruck gemeinsamer Abstammung, als vielmehr eine durch ganz bestimmte äußere Faktoren bewirkte Erscheinung sein. Auf das letztere zielt offenbar die Vermutung einiger Forscher[1] hin, daß die schiefe Lage des Annulus, wie wir sie bei den *Cyatheaceae* finden, möglicherweise durch gegenseitigen Druck der Sporangien im Sorus hervorgerufen sei. Wenn wir aber in einer und derselben Familie beobachten können, wie nicht nur der Annulus des Sporangiums stets dieselbe Lage aufweist, sondern auch der Wandbau des letzteren sich Zelle für Zelle bei den verschiedenen Gattungen und Arten der Familie wiederfindet, so können wir wohl mit Recht annehmen, daß der einheitliche Bau der Sporangien der Ausdruck einheitlicher Abstammung sei.

Demnach wird uns der Wandbau der Sporangien Kennzeichen gemeinsamer Abstammung liefern, die durch die Wirksamkeit äußerer Faktoren im Gegensatze zu andern systematisch verwertbaren Merkmalen nicht oder nur in ganz geringem Ausmaße verwischt worden sind.

Diese Auffassung wird, wie ich glaube, im folgenden ihre Bestätigung finden. Die Untersuchungen, die dieser Arbeit zu Grunde liegen, erstreckten sich auf *Polypodiaceae* und *Cyatheaceae*. Von den ersteren wurden insbesondere *Asplenium* und nahestehende Gattungen untersucht, da es sich zeigte, daß Eigentümlichkeiten des Wandbaues der Sporangien unter Umständen auch einen Hinweis auf verwandtschaftliche Beziehungen innerhalb eines verhältnismäßig engen Formenkreises zu geben vermögen.

In letzterer Hinsicht hat bereits Fée[2] versucht, die Zahl der Ringzellen bei den *Polypodiaceae* systematisch zu verwenden, wobei er allerdings nur zu ganz ungefähr geltenden Resultaten gelangte.[3]

---

[1] So Bommer in Bull. bot. de France, Bd. XX, p. XVI.

[2] Fée, Gen. fil., p. 14ff.

[3] So Fée, l. c. p. 15: »L'anneau des aspleniacées, des helicogyratées et dicksoniées est assez généralement multi-articulé; celui des acrostichées et d'un assez bon nombre des polypodiacées est au contraire pauci-articulé.«

Bevor ich auf die Besprechung des Sporangienwandbaues und seiner systematischen Anwendung eingehe, möchte ich noch auf zwei in neuester Zeit gemachte Versuche hinweisen, neue Merkmale für die Farnsystematik heranzuziehen. Bower[1] hat namentlich die Entstehungsfolge der Sporangien im Sorus verfolgt und systematisch zu verwerten gesucht. Besonderes Interesse verdient ferner die von Goebel[2] gegebene Anregung, auch die geschlechtliche Generation zu berücksichtigen. Wenn auch diesbezügliche, auch von Jakowatz[3] unternommene Untersuchungen noch zu keinem Abschlusse gekommen sind, so versprechen sie doch, unsere Kenntnisse über verwandtschaftliche Beziehungen unter den Farnen in mancher Hinsicht zu bereichern.

Das Sporangium der *Polypodiaceae* ist im ausgebildeten Zustande durch den aufrechten, nicht geschlossenen Ring charakterisiert, der das Sporangium, oberflächlich betrachtet, in zwei symmetrische Hälften teilt. Sobald man aber den Wandbau eingehender betrachtet, sieht man, daß die Zellen, welche die Wandung bilden, stets in derselben Anordnung bei sämtlichen Sporangien einer Form wiederkehren und daß diese Anordnung auf beiden Seiten verschieden ist. Um diese Verhältnisse zu erläutern, betrachten wir Sporangien irgend einer Polypodiacee, die der Reife nahe sind, jedoch noch nicht die charakteristischen Verdickungen des Annulus zeigen. Da in diesem Stadium die Sporen noch durchsichtig sind, können wir den Wandbau deutlich überblicken.

Fig. 1 und 2 zeigen uns Sporangien von *Blechnum occidentale*, von verschiedenen Seiten betrachtet. Der leichteren Über-

---

[1] Bower, Studies on the morphology of spore-producing members, IV. The leptosporangiate.

[2] Goebel in Flora 1892, Ergänz.-Bd. p. 104 ff; ferner Organographie, II. Th., p. 410 ff.

[3] Jakowatz in diesen Sitzungsberichten, Bd. CX; Abt. I, Dez. 1901.

sicht halber möge hier in Kürze auf die Entwicklung der Sporangien hingewiesen werden.[1]

Eine Zelle der Epidermis wölbt sich vor und teilt sich zunächst durch eine der Epidermis parallel gerichtete Wand, worauf meist noch eine gleichgerichtete Wand in der äußeren Zelle auftritt. Hierauf entstehen in der äußersten Zelle nacheinander drei schräg gestellte Wände (Segmente 1 bis 3). Diese drei Wände lassen am Scheitel eine Zelle ungefähr von der Form eines Tetraeders übrig, dessen Spitze der Epidermis zugekehrt ist und dessen gewölbte, nach außen gekehrte Grundfläche den Scheitel des jungen Sporangiums bildet. Diese Zelle teilt sich wieder durch eine horizontale Wand in eine innengelegene tetraedische Zelle, die der Ausgangspunkt für die Entwicklung des Tapetums und der Sporenmutterzellen ist und eine den Scheitel des jungen Sporangiums bildende Zelle (Segment 4). Aus diesen Segmenten 1 bis 4 entsteht durch ganz gesetzmäßig verlaufende Teilungen die Wand des Sporangiums und der Fuß. Ohne auf die weitere Entwicklung dieser vier Segmente einzugehen, sei hier nur auf das Resultat jener hingewiesen, welches uns einen klaren Überblick über den ganzen Wandbau gewährt. In Fig. 1 und 2 sind die ursprünglichen Grenzen der Segmente 1 bis 4 stärker ausgezogen. Wir sehen zunächst, daß an der Bildung des Ringes die Segmente 1, 3 und 4 beteiligt sind. Im Ringe fallen uns zunächst vier, im Vergleich zu den andern schmälere Zellen auf, die künftigen Stomiumzellen; an diese schließen sich nach unten zwei Zellen an, die Hypostomzellen (nach C. Müller). Dieser Teil des Ringes im weiteren Sinne, nebst den sich unten anschließenden Zellen des Fußes, geht nach C. Müller aus Segment 3 hervor. Auf der dem Stomium gegenüberliegenden Seite befinden sich in unserem Falle acht ziemlich gleich gestaltete Ringzellen; diese entstammen dem Segmente 1. Der übrige, am Scheitel gelegene Teil des Ringes geht aus Segment 4 hervor.

Betrachten wir nun die beiden Wandhälften, die durch den Ring voneinander geschieden werden. Wir wollen sie mit

[1] Betreffs der Entwicklung vergl. Rees in Pringsheims Jahrbücher, V, 1866; Kündig in Hedwigia 1888 und insbes. C. Müller in Ber. deutsch. bot. Ges., Bd. 11, 1893.

C. Müller nach der Zahl der in ihnen in vertikaler Richtung verlaufenden Segmentgrenzen als uni- und bisuturale Seite unterscheiden.

Auf der bisuturalen Seite (Fig. 1) sehen wir im unteren Teile der Kapsel vier auffallende Zellen *a, b, c, d*, deren Scheidewände fensterkreuzartig gestellt sind. Diese vier Zellen, neben der sich nach unten anschließenden Reihe der Fußzellen, stammen vom Segment 2. Zu beiden Seiten der vier Zellen *a, b, c, d* liegen die beiden Zellen *p* und *q*, die dem Segmente 1, respektive 3 angehören. Nach oben hin schließen vier Zellen an, deren Scheidewände ungefähr senkrecht gegen den Ring verlaufen; sie gehören dem Scheitelsegment 4 an.

Auf der unisuturalen Seite (Fig. 2) sehen wir zunächst, dem Stomium zugewandt, zwei übereinanderliegende Zellen *m* und *n*, die, ebenso wie das Stomium, aus Segment 3 hervorgegangen sind. Auf der andern Seite liegen drei Zellen, *l*, g_1 und g_2, die wie die angrenzenden Annuluszellen von Segment 1 stammen. Der obere Wandteil der unisuturalen Seite wird meist von drei Zellen *v*, w_1 und w_2 gebildet, die durch Teilung des Scheitelsegmentes entstanden sind; die Richtung der Wände dieser letztgenannten Zellen verhält sich selbst bei derselben Art nicht ganz konstant.

Endlich noch ein paar Worte über den Fuß des Sporangiums. Dieser besteht stets aus drei Zellreihen, die nach den Untersuchungen C. Müller's ganz aus den Segmenten 1 bis 3 hervorgegangen sind. Eine Zellreihe ist der bisuturalen und die zwei andern der unisuturalen Seite zugekehrt. Die drei Zellreihen sind nur selten gleich lang. Bei der jetzt betrachteten Form ist die Regel, daß der Fuß unten aus zwei Zellreihen (die den Segmenten 1 und 2 angehören) besteht, während in der Nähe der Sporenkapsel noch die dritte, dem Segment 3 entstammende Zellreihe hinzutritt. In andern Fällen (z. B. bei Aspleniumarten) ist zu beobachten, daß der Fuß unten einreihig, in der Mitte oder etwas oberhalb derselben zweireihig und erst ganz nahe der Sporenkapsel dreireihig ist, und zwar gehört die längste Zellreihe dem Segmente 1, die zweitlängste dem Segmente 2 und die kürzeste dem Segmente 3 an.

Die Beschreibung des Wandbaues wäre nicht vollständig, wollten wir nicht die Beschaffenheit des reifen Sporangiums in Kürze betrachten. Zunächst zeigt der Annulus die bekannten charakteristischen Verdickungen, die bei der Funktion eine wesentliche Rolle spielen und in ganz derselben Weise sind in der Gegend des Stomiums zwei oder mehrere Zellen ausgebildet, wodurch der Punkt, an welchem später das Aufreißen des Sporangiums erfolgt, vorgebildet erscheint. Bei unserer Form (Fig. 3) sind nur die beiden mittleren der vier Stomiumzellen verdickt. Die oberhalb und unterhalb derselben gelegene Stomiumzelle bleibt stets unverdickt, ebenso die (meist zwei) Hypostomzellen und (ebenfalls meist zwei) oberhalb des Stomiums gelegene Zellen (Epistomzellen).

Der Wandbau des Sporangiums, für welchen hier als typisches Beispiel *Blechnum occidentale* vorgeführt wurde, kehrt bei allen *Polypodiaceae* wieder. Die Abweichungen von dem eben beschriebenen Falle, wie wir sie bei verschiedenen Formen finden, sind geringfügig und betreffen stets nur sehr spät in der Entwicklung auftretende Teilungswände. Auch in den Fällen, wo der ganze Wandbau durch zahlreiche Scheidewände komplizierter gestaltet wird, wie z. B. bei einigen Arten der Gattung *Gymnogramme* beobachtet werden kann, vermögen wir ohne besondere Schwierigkeiten den ganzen Bauplan von *Blechnum occidentale* wieder zu erkennen. Ebenso ist stets ein Annulus und ein Stomium mit den charakteristischen Verdickungen ausgebildet, deren Lage vollkommen konstant ist; Abweichungen bei den verschiedenen Arten zeigen nur die Zahl der verdickten Zellen und der Umstand, ob zwischen den verdickten Zellen des Annulus und des Stomiums unverdickte Zellen eingeschoben sind oder nicht, ferner die Zahl der letzteren u. dgl. m.

Wenn wir uns all dieses vor Augen halten, muß für uns die ganze Auffassung zunächst des Polypodiaceensporangiums eine andere werden. Die Lage und Beschaffenheit des Annulus und die Ausbildung desselben können wohl als charakteristische, augenfällige Merkmale gelten, sind aber wohl von sekundärer Bedeutung für die Auffassung unserer Familie als einer phylogenetischen Einheit. Das gleichmäßige Auftreten

desselben Wandbaues jedoch, der nämlichen Zellgrenzen — Dinge, die offenbar für die Funktion bedeutungslos sind — weisen uns in unzweifelhafter Weise auf eine gemeinsame Abstammung aller Formen hin, deren Sporangien den nämlichen Wandbau besitzen.

Von diesem Standpunkte aus verlohnt es sich gewiß der Mühe, auf die kleinen Abweichungen und geringen Unterschiede, wie sie bei verschiedenen Arten auftreten, des näheren einzugehen. Zwar werden von vornherein nur kleine, oft schwer zu beobachtende Abweichungen zu erwarten sein, da hier die umgestaltende Wirkung äußerer Faktoren offenbar viel geringer ist als bei den vegetativen Organen. Desto größere systematische Bedeutung muß aber einer solchen, wenn auch geringfügigen Differenz beigelegt werden, wenn eine bestimmte Formengruppe eine solche gegenüber andern zeigt.

Die Systematik der Farne, insbesondere der größeren Familien, hat ja ziemlich große Schwierigkeiten zu überwinden, wenn sie anders auf verwandtschaftlichen Verhältnissen aufgebaut sein soll. Dies mag zum größten Teil auf einer gewissen Einförmigkeit in der Ausbildung der vegetativen Organe beruhen. Vergleichend-anatomische Untersuchungen[1] haben es wahrscheinlich gemacht, daß die *Polypodiaceae* im großen und ganzen in dem anatomischen Aufbau ihrer Blätter eine Anpassung an das Leben an relativ feuchten und schattigen Standorten zeigen. Wenigstens zum Teile dürfte sich darauf die in Anbetracht der großen Formenzahl relativ große Einförmigkeit im ganzen Habitus zurückführen lassen. Eine weitere Schwierigkeit der Polypodiaceensystematik liegt wohl darin, daß verschiedene Entwicklungsreihen der *Polypodiaceae* eine ähnliche Ausbildung in denjenigen Merkmalen erlangt haben können, die in der Einteilung in Unterfamilien verwertet werden. So scheint die Ansicht Prantl's[2] nicht unberechtigt, daß die

---

[1] W. Benze, über die Anatomie der Blattorgane einiger Polypodiaceen (Berlin 1887), (Referat in Just's Jahrb. 1887, II); ferner A. Vinge, Über das Blattgewebe der Farne (Bot. Zentralbl. 1887, 2, p. 290).

[2] Prantl in Arbeiten des bot. Instit. zu Breslau, I, 1892, p. 12 ff; ähnlich spricht sich Giesenhagen aus (die Farngattung Niphobolus, Jena, 1901).

heutigen Unterfamilien der *Polypodiaceae* nur bestimmte Entwicklungsstufen repräsentieren, die teilweise von verschiedenen Entwicklungsreihen erreicht wurden. Zu einem damit im Einklang stehenden Ergebnis gelangte ich wenigstens bei der Untersuchung des Sporangienwandbaues innerhalb einer Unterfamilie der *Polypodiaceae.*

Die im folgenden mitgeteilten spezielleren Untersuchungen beziehen sich auf die Merkmale, die Sporangien von Arten der Gattung *Asplenium* und verwandter Gattungen zeigen.

Was unter *Asplenium* zu verstehen sei, war Gegenstand der verschiedensten Auffassung von Seite der Pteridologen. Während die einen, wie z. B. Hooker oder Mettenius, die Gattung *Asplenium* in einem sehr weiten Umfange nahmen (unter Einschluß von *Athyrium* und *Diplazium*), lösten sie andere in eine größere Anzahl von Gattungen auf, wie z. B. Presl. Die Schwierigkeit lag eben darin, daß die innerhalb jeder der drei Hauptgattungen *Asplenium* im engeren Sinne, *Diplazium* und *Athyrium* die Form und die Zahl der Sori auf einer Fieder nicht konstant sind, so daß sich also Übergänge ergeben, welche die Vereinigung in eine Gattung nahelegen, andrerseits aber die typischen Formen doch so sehr auseinander gehen, daß sie sich schwer in einer Gattung unterbringen lassen.

Die Untersuchung der Sporangien der Gattung *Asplenium* im engeren Sinne ergab nun, daß da überall ein Sporangium mit ganz charakteristischen Merkmalen vorhanden ist.

Fig. 4 zeigt ein reifes Sporangium von *Asplenium viviparum.* Wir sehen vier Stomiumzellen, die alle in bekannter Weise verdickt sind. Nach oben hin schließen sich an diese sofort die verdickten Annuluszellen an, ohne daß unverdickte Stomium- oder Epistomzellen dazwischen auftreten. Hypostomzellen sind stets, und zwar in der Regel eine oder zwei vorhanden. Ferner zeigt der Fuß eine auffallende Beschaffenheit. Die drei Zellreihen, aus denen er besteht, sind untereinander ungleich lang, so daß er unten aus einer, weiter oben aus zwei und erst ganz in der Nähe der Kapsel aus drei Zellreihen besteht.

[1] Diels in Engler-Prantl, Nat. Pflanzenfam., I, 4.

Diese beiden Merkmale, nämlich das Fehlen unverdickter Zellen zwischen den verdickten Stomiumzellen und den verdickten Annuluszellen einerseits und der im unteren Teile nur aus einer Zellreihe gebildete Fuß andrerseits, lassen sich stets leicht an frischem und Herbarmaterial wiederfinden. Sporangien, welche diese Merkmale nicht zeigten, konnte ich unter einer großen Zahl von Sporangien nur ganz vereinzelt beobachten.

Von der Gattung *Asplenium* wurden folgende Arten untersucht (der Aufzählung liegt die Diels'sche Einteilung in Sektionen zu Grunde):

Sektion I, *Neottopteris: ensiforme* Wall., *sinuatum* Beauv., *squamulatum* Bl., *Nidus* L.

Sektion II, *Hemionitidastrum: Hemionitis* L.

Sektion III, *Acropteris: septentrionale* Hoffm., *variabile* Hook., *Seelosii* Sieb., *Germanicum* Weis.

Sektion IV, *Euasplenium:* 1. *Pinnatae*: *viride* Huds., *adulterinum* Milde, *Trichomanes* L., *monanthemum* L., *platyneuron* Oakes, *Petrarchae* DC, *longicauda* Hk., *Poolii* Bkr., *alatum* Hk. Bkr., *lunulatum* Sw., *anisophyllum* Kze., *auriculatum* Sw., *marinum* L., *obtusatum* Forst., *lucidum* Forst., *mucronatum* Presl, *Serra* Langs.-Fisch., *falcatum* Lam., *obesum* Bkr., *macilentum* Kze., *caudatum* Forst., *erectum* Bory, *paleaceum* R. Br.; 2. *Compositae: Hookerianum* Col., *Ruta muraria* L., *fissum* Kit., *Adianthum nigrum* L., *cuneatum* Lam., *lanceolatum* Huds., *fontanum* Bernh., *bulbiferum* Forst., *cicutarium* Sw., *adiantoides* Radds.

Sektion V, *Darea: flaccidum* Forst., *Belangeri* Kze., *viviparum* Presl, *dimorphum* Kze., *Dregeanum* Kze., *rutifolium* Kze., *viviparoides* Kuhn.

Aus der Sektion VI, *Loxoscaphe,* konnte ich aus Mangel an Material keine Form untersuchen.

Die Zahl der untersuchten Arten ist groß genug, um sagen zu können, daß die ganze Gattung *Asplenium* in dem angegebenen Umfange durch Sporangien mit den angeführten Merkmalen ausgezeichnet ist.

Hingegen zeigten die Gattungen *Athyrium* und *Diplazium* gar nie derartige Sporangien; zwischen den verdickten Stomial-

zellen fand ich stets mindestens eine, fast durchwegs aber mehr unverdickte Zellen eingeschaltet. Untersucht wurden von diesen Gattungen folgende Arten:

Diplazium: alternifolium Presl, *arborescens* Mett., *celtidifolium* Kze., *esculentum* Presl, *latifolium* (Don), Moore, *plantagineum* L., *radicans* Schk., *Shepardi* Lk., *silvaticum* Presl, *sorzogonense* Presl.

Athyrium: acrostichoides (Sw.) Diels, *aspidioides* Schlecht., *filix femina* (L.) Roth, *macrocarpum* (Bl.) Bedd., *nipponicum* (Mett.) Diels, *oxyphyllum* (Hook.) Moore, *umbrosum* (Ait.) Presl.

Hingegen zeigten die untersuchten Arten der Gattung *Ceterach* wieder volle Übereinstimmung im Sporangienwandbau mit *Asplenium* und ebenso die Arten der Gattung *Scolopendrium*, soweit ich solche untersuchen konnte, und *Pleurosorus*. Von diesen Gattungen wurden untersucht:

Scolopendrium: vulgare Sm., *Brasiliense* Kze., *hybridum* Milde, *Hemionitis* Lag., *nigripes* (Fée) Hk.[1]

Ceterach: alternans (Wall.) Kuhn, *officinarum* Willd.

Pleurosorus rutifolius (Hk und Grev.) Fée.

Als Resultat dieser Sporangienuntersuchungen ergibt sich auf Grund der früher entwickelten Anschauungen über den Sporangienwandbau als phyletisches Merkmal eine enge Zusammengehörigkeit der in die Gattungen *Asplenium* i. e. S., *Scolopendrium* und *Ceterach* eingereihten Formen.

Gestützt wird dieses Ergebnis durch die Resultate, zu denen verschiedene Forscher auf ganz anderem Wege gelangt sind, wie die folgende Vergleichung mit der Literatur zeigen wird.

Gehen wir dabei von der Gattung *Athyrium* aus. Dieser Formenkreis wurde von den älteren Botanikern[2] mit *Aspidium* vereinigt, während er von den übrigen auf Grund der Beschaffenheit der Sori und des seitlichen Indusiums zum mindesten in die Nähe von *Asplenium* gestellt wurde. Die

[1] Dagegen zeigen die Sporangien von »*Scolopendrium Krebsii* Kze.« nicht die Eigentümlichkeiten von *Asplenium* i. e. S.; nach Luerssen (Farnpflanzen, p. 112) ist diese Pflanze in der Tat eine Abnormität von *Blechnum punctulatum* Sw.

[2] Swartz, Syn. fil; Willd., Spec. pl. V, 276.

Schwierigkeit, auf Grund dieser Eigenschaften *Athyrium* von *Asplenium* zu trennen, bewog Hooker[1] und Mettenius[2] in ihrer Riesengattung *Asplenium* auch *Athyrium* unterzubringen und dies konnte umsomehr gerechtfertigt erscheinen, als die Versuche Presl's,[3] Fée's,[4] Heuflers[5] u. a., *Athyrium* auf Grund der Merkmale des Sorus und Indusiums zu trennen, zu einander teilweise widersprechenden Abgrenzungen führte.[6]

Milde[7] führte auf Grund der Gestalt der Spreuschuppen (*paleae clathratae — paleae cystopteroideae*) und der Gefäßbündelverhältnisse des Blattstieles eine Trennung von *Athyrium* und *Asplenium* durch, der sich die meisten neueren Autoren anschließen. Indem Milde seine Untersuchungen auf nächststehende Gattungen ausdehnte, kam er zum Ergebnisse, daß die für *Asplenium* charakteristischen Spreuschuppen auch bei *Ceterach* und *Scolopendrium* auftreten, während sich *Diplazium* an *Athyrium* anfügte. Milde kam so zu folgender Einteilung seiner Unterfamilie der *Aspleniaceae:*

a) Subtribus: *Asplenieae.*

I. 1. *Micropodium* Mett.
II. 2. *Asplenium.*
3. *Ceterach.*
III. 4. *Scolopendrium.*
5. *Camptosorus.*

b) Subtribus: *Athyrieae.*

6. *Athyrium* mit den Sektionen: *Euathyrium Diplazium; Callipteris, Hemidictyon.*

---

[1] Hooker, Spec. fil.; H. u. Baker, Syn. fil., Baker, A Summary of the new ferns, 1892.

[2] Mett., Fil. h. bot. Lips., p. 67; ferner: Über einige Farngattungen, VI, *Asplenium* (Senkenb. Ges. 1859/61).

[3] Presl, Tent. Pteridogr.

[4] Fée, Gen. fil.

[5] Heufler in Verh. Zool. bot. Ges. Wien, 1856.

[6] Vergl. darüber Milde, Das Genus *Athyrium*, bot. Ztg., 1866, p. 372.

[7] Milde, Über die Gefäßkryptogamen Schlesiens (Nova Acta XXVI, II, p. 569); das Genus *Athyrium* (Bot. Ztg., 1866); Über *Athyrium* und *Asplenium* und Verwandte (Bot. Ztg., 1870).

Milde kommt somit in Bezug auf die Auffassung der *Aspleniaceae* zu dem Ergebnis, daß sie aus zwei getrennten Gruppen oder besser Entwicklungsreihen besteht, von denen die eine *Asplenium, Ceterach, Scolopendrium* umfaßt, während die andere im wesentlichen durch *Athyrium* und *Diplazium* vertreten ist.

Die natürliche Stellung von *Ceterach* war mit dem Augenblick gegeben, als erkannt wurde, daß die ganze Lage des Sorus der eines *Asplenium* entspreche[1] und daß das Indusium nur mehr oder weniger rückgebildet sei[2]. Die vorhandenen Übergänge (*Ceterach alternans*) können geradezu eine Vereinigung mit *Asplenium* rechtfertigen, wie es auch in neuerer Zeit geschehen ist.[3] Das Indusium scheint in der Tat bei *Ceterach* in dem Maße rückgebildet worden zu sein, als das Spreuschuppenkleid stärker ausgebildet wurde, was gewiß biologisch zu verstehen ist. An *Ceterach* schließt sich ganz ungezwungen die Gattung *Pleurosorus* an.

Scolopendrium wird wohl von allen Forschern in die Nähe von *Asplenium* gestellt. Da sich aber diese Gattung auf Grund ihrer ziemlich auffallenden und konstanten Merkmale leicht umgrenzen läßt, findet man in der Literatur kaum deutliche Hinweise auf besonders nahe Beziehungen zu *Asplenium*. In jüngster Zeit kam Hofmann[4] gelegentlich der Untersuchung von *Scolopendrium hybridum* Milde zu einem Resultate, das sowohl der Ansicht Milde's[5] über die hybride Natur dieser Form als auch der Auffassung Heinzes[6] widerspricht, der eine hybride Entstehung leugnet. Hofmann macht es nun sehr wahrscheinlich, daß *Scolopendrium hybridum* eine deutliche Übergangsform zwischen den Gattungen *Scolopendrium* und *Ceterach* vorstellt; die Existenz einer solchen Übergangsform aber weist unbedingt auf nahe verwandtschaftliche Beziehungen zwischen *Scolopendrium, Asplenium* und *Ceterach* hin.

---

[1] Mettenius, Fil. h. bot. Lips., p. 80.

[2] Vergl. Luerssen, Farnpflanzen, p. 284 ff. und die dort zitierte Literatur.

[3] Acherson, Synopsis I.

[4] Hofmann, Über *Scolopendrium hybridum* Milde (Öst. bot. Ztschr. 1899).

[5] Milde in Verh. Zool.-bot. Ges. Wien, Bd. 14, p. 235.

[6] Heinz in Ber. deutsch. bot. Ges., Bd. 10, p. 413.

Auch auf Grund eingehender vergleichend-anatomischer Untersuchungen gelangte K. Thomae[1] zu derselben Gruppierung der *Asplenieae*. Die von ihm untersuchten Arten von *Athyrium* stehen im Bau der Gefäßbündel der Blattstiele wohl unterschieden den Arten der Gattung *Asplenium* gegenüber. Bemerkenswert ist ferner die Beobachtung dieses Autors, daß *Scolopendrium vulgare* mit *Asplenium* Übereinstimmung zeigt.

Wir sehen also, daß uns die Untersuchung der Eigentümlichkeiten der Sporangien zu einem mit auf anderen Wegen gewonnenen Ergebnissen übereinstimmenden Resultate geführt hat. Diese Übereinstimmung ist einerseits dazu geeignet, die verwandtschaftlichen Beziehungen unter den besprochenen Formen vollkommen klar zu legen, andrerseits die Richtigkeit des Gedankens zu erweisen, daß die Merkmale der Sporangien uns in klarer Weise verwandtschaftliche Beziehungen auch innerhalb verhältnismäßig kleiner Formenkreise zeigen können.

Die Auffassung des *Cyatheaceae* in Bezug auf ihre systematische Stellung war stets eine schwankende. Kaulfuß[2] charakterisiert die *Cyatheaceae* im Gegensatz zu den *Polypodiaceae*, die einen »annulus verus centralis« besitzen, durch einen »annulus verus excentricus«. Dabei rechnete er aber die *Hymenophyllaceae* zu den *Cyatheaceae*, die demzufolge in zwei Unterabteilungen zerfallen, deren eine die *Hymenophyllaceae* und deren andere die eigentlichen *Cyatheaceae* bilden. Von den letzteren schloß er jedoch die Gattungen *Dicksonia, Balantium* und *Cibotium* aus, die er zu den *Polypodiaceae*, und zwar unter die *Davallioideae* rechnete.

Von späteren Autoren ordneten die meisten die *Cyatheaceae* den *Polypodiaceae* unter, so Brongniart, Endlicher, Lindley, Fée, Smith, Moore, Hooker u. a. Als selbständige Gruppe neben den *Polypodiaceae* ließ sie vor allem Mettenius gelten. Auf die verschiedene Umgrenzung der *Cyatheaceae*, namentlich was *Dicksonia* und Verwandte betrifft, wird später noch hingewiesen werden.

[1] Thomae, Die Blattstiele der Farne, Pringsheim's Jahrb., 17. Bd., p. 143 ff.

[2] Kaulfuß, Das Wesen der Farnkräuter (Leipzig 1827).

Dem folgenden wollen wir die von Diels[1] vertretene Auffassung zu Grunde legen. Danach umfassen die *Cyatheaceae* drei Unterfamilien:

1. *Dicksonieae* mit den Gattungen: *Balantium, Dicksonia* und *Cibotium*.

2. *Thyrsopterideae* mit der einzigen Art: *Thyrsopteris elegans*.

3. *Cyatheae* mit den Gattungen *Cyathea, Hemitelia, Alsophila*.

Untersucht wurden Sporangien der *Dicksonieae* und *Cyatheae*. Was bei dieser Familie die Untersuchung und den Vergleich der Sporangien erschwerte, ist vor allem der Umstand, daß für die *Cyatheaceae* die Sporangienentwicklung nicht so genau wie für die *Polypodiaceae* bekannt ist, bei denen uns die genaue Bekanntschaft mit der Entwicklung zugleich eine klare Übersicht, ein Schema gegeben hatte, das den Überblick über den Wandbau außerordentlich erleichterte.

Betrachten wir Sporangien von *Cyathea arborea* (Fig. 7 und 8), so fällt uns zunächst der mächtige Ring auf. Dieser ist bekanntlich vollständig geschlossen; die Zellen desselben sind in derselben Weise wie bei den *Polypodiaceae* verdickt. In einer bestimmten Partie desselben sind diese Verdickungen weniger stark ausgebildet, es ist dies die Gegend, in der der Riß einzutreten beginnt; manchmal ist diese Stomiumgegend noch dadurch stärker hervorgehoben, daß, ganz ähnlich wie bei den *Polypodiaceae*, verdickte Stomialzellen von unverdickten Ringzellen oben und unten begrenzt werden; meist sind diese Grenzen so wie bei der jetzt betrachteten Form verwischt.

Der Ring gibt uns auch hier die erste Orientierung für die Betrachtung des Wandbaues. Er teilt die Sporangienwandung in zwei Hälften, deren eine mit dem Fuße in direkter Verbindung steht, wärend bei der andern dies nicht der Fall ist; es mögen hier diese beiden Wandhälften als Stiel- und Deckseite unterschieden werden.

Wir betrachten zunächst die letztere, die stets bedeutend kleiner und schmäler ist als die Stielseite. Fig. 5 zeigt ein

[1] In Nat. Pflanzenfam., 1, IV.

junges Sporangium von dieser Seite gesehen. Diese Wandhälfte wird von sechs paarweise übereinandergestellten Zellen gebildet; im reifen Sporangium bleibt entweder dieser einfache Bau erhalten (vergl. Fig. 7) oder es sind in einigen der ursprünglichen Zellen Teilungswände aufgetreten (Fig. 9), wobei wir aber in der Lage sind, die ursprünglichen übereinandergestellten Zellenpaare wieder zu erkennen.

Die Stielseite ist bedeutend größer als die Deckseite und daher auch komplizierter (Fig. 6). Der Stiel sitzt dem untern Rande dieser Wandhälfte an; diese selbst ist aus einer Anzahl in Reihen gestellter Zellen gebildet; die Reihen gehen alle vom Stielansatze aus und endigen am Ringe. Fig. 6 zeigt die Stielseite eines jungen Sporangiums von *Cyathea arborea*. Der Stiel kehrt dieser Seite zwei Zellreihen zu, von deren obersten Zellen je zwei Zellreihen ausgehen, deren jede hier in zwei Zellen geteilt ist; auch ist meist noch zu beiden Seiten des Stieles je eine Zelle vorhanden, welche den unteren Teil des Ringes mit dem Stiele verbindet. In reifen Sporangien ist dieser Wandteil durch weitere Zellteilungen in größerem oder geringerem Grade komplizierter gestaltet. (Fig. 8 und 10.)

Bevor ich darauf eingehe, die Verbreitung der Sporangien mit dem soeben beschriebenen Wandbau zu besprechen, möge hier sogleich darauf hingewiesen werden, daß selbst bei einer und derselben Art die Zellwände nicht dieselbe Konstanz zeigen wie bei den *Polypodiaceae*. Dies gestaltet natürlich den Vergleich schwieriger. Immerhin ist es aber bei der größten Mehrzahl der zunächst zu besprechenden Formen ganz gut möglich, den beschriebenen Bauplan zu erkennen. Namentlich die sehr charakteristische Beschaffenheit der Deckseite gibt stets einen sicheren Hinweis.[1]

Diesen Typus von Sporangien fand ich bei den einander wohl sehr nahestehenden und teilweise schwierig voneinander zu trennenden Gattungen *Cyathea*, *Hemitelia* und *Alsophila*. Es wurden folgende Arten derselben untersucht:

[1] Bezüglich der Entstehung und Orientierung der Sporangien im Sorus vergl. Bower, Studies on the morphology of spore producing members, IV. Leptosporangiate (Philos. transact. Roy. soc. Vol. 192, London 1900, p. 52ff.).

Cyathea: arborea Sm., *Brunonis* Wall., *Beyrichiana* Pr., *canaliculata* Willd., *Cunninghamii* Hook, *crenulata* Bl., *cuspidata* Kze., *dealbata* Sw., *divergens* Kze., *Dregei* Kze., *ebenina* Karst., *excelsa* Sw., *frondosa* Karst., *hirsuta* Bkr., *insignis* Eat., *Manniana* Hkr., *marattioides* Klf., *medullaris* Sw., *Mettenii* Karst., *mexicana* Schlecht., *muricata* Klf., *Schanschin* Mart., *Serra* Willd., *sinuata* Hook. und Grev., *spinulosa* Wall., *squamipes* Karst., *vestita* Mart.

Hemitelia: capensis (L.) Br., *Costaricensis* Mett., *glandulosa* Kuhn, *grandiflora* Spr., *horrida* Br., *Karsteniana* Kl., *speciosa* Klf., *spectabilis* Kze.

Alsophila: armata Presl, *aspera* R. Br., *australis* R. Br., *axillaris* Mett., *blechnoides* Hook., *caudata* J. Sm, *contaminans* Wall., *crinita* Hook., *excelsa* R. Br., *Gardneri* Hook., *glabra* Hook., *gigantea* Wall., *hirsuta* Klf., *infesta* Kze., *latebrosa* Wall., *leucolepis* Mart., *procera* (Willd.) Klf., *pruinata* Klf., *pubescens* Bkr., *radens* Klf., *Rebeccae* F. M., *Taenitis* Hook., *tomentosa* Hook., *villosa* Desv.

Bezüglich des Stomiums ist zu bemerken, daß die Gegend, wo das Einreißen beginnt, am Ringe stets leicht zu erkennen ist. Die Ringzellen sind dort in Hinsicht auf den Verlauf des Ringes schmäler und quer dazu breiter ausgebildet. In den meisten Fällen gehen diese Stomialzellen allmählich in die eigentlichen Ringzellen über. Eine schärfere Abgrenzung des Stomiums durch unverdickte Zellen konnte ich in einigen Fällen beobachten, so z. B. bei *Cyathea Cunninghamii, Cyathea Brunonis, Cyathea ebenina, Alsophila pruinata.* Doch auch in diesen Fällen war die Grenze kaum so konstant zu finden, wie es bei sämtlichen *Polypodiaceae* der Fall ist.

Nur einige wenige Formen unter den untersuchten *Cyatheae* ließen Zweifel übrig, ob sich ihre Sporangien auf den typischen Wandbau zurückführen lassen.

So waren bei *Alsophila pruinata*[1] beide Wandhälften aus zahlreichen polygonalen Zellen gebildet; ich halte es jedoch für wahrscheinlich, daß in diesem Falle beide Wandhälften

[1] Von Presl (Abh. böhm. Ges. d. Wiss. 5. Folge, 5, p. 344) in eine besondere Gattung *Lophosoria* gestellt.

durch zahlreiche Teilungen komplizierter gestaltet wurden, so daß sie den ursprünglichen Bauplan nicht mehr erkennen lassen. Ein genauer Nachweis für diese Ansicht würde natürlich nur durch das Studium jüngerer Entwicklungsstadien zu erbringen sein, die mir in meinem Materiale nicht zur Verfügung standen. Für meine Ansicht scheint mir zu sprechen, daß einerseits diese Art sich im übrigen den *Cyatheae* gut einfügen läßt und daß andrerseits auch unter den *Polypodiaceae* Arten vorkommen, — so konnte ich es bei einigen *Gymnogramme*-Arten beobachten — deren Sporangien einen durch zahlreiche Zellteilungen derart kompliziert gestalteten Wandbau besitzen, daß ohne die genaue Kenntnis der durch die Entwicklung gegebenen Übersicht eine Vergleichung mit dem Wandbaue bei den übrigen *Polypodiaceae* äußerst schwierig wäre.

Am wenigsten Übereinstimmung mit den übrigen *Cyatheae* zeigte eine Form, die auch sonst in der Ausbildung ihrer vegetativen Organe vereinzelt dasteht, nämlich *Alsophila blechnoides*[1]. Zunächst ist zu bemerken, daß sowohl Stiel- als auch Deckseite in ihrer Ausbildung nicht konstant sind. So zeigt Fig. 11 *a* und *b* zwei Fälle des Wandbaues der Stielseite; die Deckseite fand ich bald von einem geschlossenen Ringe umgeben (wie Fig. 12), bald war auch diese Eigentümlichkeit verwischt. Im großen und ganzen scheint es mir sehr zweifelhaft, ob bei dieser Form der Sporangienwandbau sich mit dem der übrigen *Cyatheae* vergleichen lasse.

Von den zuletzt genannten Formen abgesehen, die mindestens Zweifel übrig lassen, zeigen die *Cyatheae* im Wandbaue ihrer Sporangien Übereinstimmung; diese aber können wir nur verstehen, wenn wir sie als den Ausdruck gemeinsamer Abstammung ansehen. Die geringfügigen Abweichungen bei den einzelnen Arten zu verfolgen und die Ergebnisse systematisch zu verwerten, scheint bei dieser Gruppe kaum möglich, weil die Sporangien derselben Art, ja desselben Sorus Abweichungen innerhalb gewisser Grenzen zeigen. Dieser Mangel an völliger Konstanz ist wohl zum größten Teile auf die Einwirkung äußerer Faktoren zurückzuführen, und zwar dürfte da, wie ich glaube,

[1] Repräsentant der Presl'schen Gattung *Metaxya*.

der Druck, den die Sporangien im Sorus aufeinander ausüben, eine Rolle spielen, zumal als hier derselbe umsomehr zur Geltung kommen wird, als die *Cyatheae*, im Gegensatze zu der Mehrzahl der *Polypodiaceae*, kurzgestellte Sporangien besitzen. So treffen wir nicht selten unter einer Anzahl von Sporangien, die den gewöhnlichen, etwa elliptischen Umriß zeigen, einige mit mehr oder weniger viereckigem Umrisse.[1] Daß bei solchen Sporangien aus mechanischen Gründen etwas andre Zellteilungen eingetreten sind, ist begreiflich. Wenn aber auch Sporangien mit derartigem, etwas abnormalem Wandbau doch noch den den *Cyatheae* eigenen Bauplan erkennen lassen, ist es gewiß ein Beweis für die Richtigkeit meiner Ansicht über die phyletische Bedeutung des Sporangienwandbaues.

Die *Dicksonieae* umfassen die drei ziemlich kleinen Gattungen *Balantium, Dicksonia* und *Cibotium*. Diese wurden bis in die neueste Zeit verschieden umgrenzt und verschiedenen systematischen Abteilungen zugewiesen; so wurden sie dem *Polypodiaceen*-Tribus der *Davallieae* zugeteilt (z. B. von Kaulfuß, Brongniart, Bommer) oder als eigener Tribus der *Polypodiaceae* betrachtet (z. B. von Presl, Moore, Hooker, Baker) oder zu den *Cyatheaceae* gestellt (Mettenius).

---

[1] Daß auch Abweichungen vorkommen, welche den von den meisten Autoren in der Systematik benützten Charakter der schiefen Lage des Ringes nicht deutlich erkennen lassen, ist gewiß, wenn ich auch so weitgehende Verschiedenheiten, wie sie Bommer (Revue et classification des Cyatheacées, Bull. Soc. bot. de France XX, p. XVI f.) angibt, nicht beobachten konnte. Bommer geht so weit, daß er sagt: »Les sporanges, qui se trouvent en dehors de cette action déviatrice (nämlich: de compression, que subissent les sporanges dans leur réunion en sores et qui amène ainsi la déviation de l'anneau), ceux situés au sommet du réceptacle, ont un connecticule qui occupe la place qu'un développement normal leur assigne dans la majeure partie des Polypodiacées«. Daß durch Druck kein Polypodiaceen-Sporangium in ein Cyatheen-Sporangium verwandelt wird, brauche ich wohl kaum zu beweisen. Übrigens meint auch Bower (l. c. p. 99 f), »that the oblique position of the annulus cannot be directly attributed to pressure during the development of the individuel. It seems to be a charakter inherent in the race like any other inhereted structural character«. Es ist begreiflich, daß Bommer auf Grund seiner eben erwähnten Ansicht und in gänzlicher Verkennung der phyletischen Bedeutung der Sporangienmerkmale überhaupt auf die Anwendung der letzteren verzichten und die *Cyatheaceae* durch das »indusium infère libre« charakterisieren will.

In die Gattung *Dicksonia* wurden aber auch eine Anzahl Arten gestellt, die wohl richtiger zu den *Polypodiaceae*, und zwar größtenteils zur Gattung *Dennstaedtia* zu rechnen sind, wie es auch zuerst Moore[1] auf Grund der Verschiedenheit im Indusium getan hat. Es sind dies eine Anzahl von Formen, die in der Ausbildung ihrer vegetativen Organe (meist Baumfarne) eine sehr weitgehende Übereinstimmung mit den echten Dicksonien zeigen und auch in der Lage der Sori und der Beschaffenheit des Indusiums sehr an diese erinnern. Dies ist auch die Ursache, warum sie früher zu *Dicksonia* gerechnet wurden,[2] obwohl schon die Beschaffenheit des Annulus sie den eigentlichen *Polypodiaceae* zuweisen mußte. Ich konnte mich in der Tat überzeugen, daß bei diesen auch der ganze Sporangienwandbau der eines Polypodiaceensporangiums ist. (Siehe Fig. 13 und 14.) Von diesen früher fälschlich zu *Dicksonia* gerechneten Formen konnte ich untersuchen:

Dicksonia: adiantoides Hk. Bkr., *anthriscifolia* Klf., *apiifolia* Hook., *cicutaria* Sw., *dissecta* Sw., *erosa* Kze., *flaccida* Sw., *Mollucana* Bl., *nitidula* Kze., *pilosiuscula* Willd., *punctiloba* Michx., *rubiginosa* Klf., *scabra* Wall., *tenera* Sw.,

die von Moore zu *Dennstaedtia* gestellt wurden; ferner

Dicksonia Plumieri Hook. = *Saccaloma adiantoides* (Sw.) Diels;

Dicksonia sorbifolia Sm. = *Saccaloma sorbifolium* (Sm.) Christ.

Diese Formen gewinnen ein besonderes Interesse im Zusammenhang mit den Untersuchungen Bower's. Bei einer Anzahl dieser *Dennstaedtiineae* kann man beobachten, daß der Annulus etwas schief und von den beiden Wandhälften die eine mehr flach, die andere mehr gewölbt ist. Dennoch lassen sich beide Seiten leicht mit dem Wandbau der typischen Polypodiaceensporangien vergleichen. Die Abweichungen, die sich

---

[1] Moore, Index fil. (London 1857).

[2] Vergl. darüber Mettenuis, in Annales des sciences naturelles ser. IV. vol. XII, p. 80 bis 82; ferner Prantl, die Gattung Dennstaedtia, in Arb. d. bot. Inst. Breslau. I. p. 18ff.

bei einem Teile dieser Formen oder bei einem Teile der Sporangien eines Sorus beobachten lassen, sind genügend erklärt durch die Orientierung der Sporangien und die damit in Zusammenhang stehende unsymmetrische Ausbildung der beiden Wandhälften.[1]

Ähnliche Verhältnisse kann man bei *Diacalpe aspidioides* und *Peranema cyatheoides* beobachten, die ich hier zum Vergleiche heranziehen will. Auch bei diesen Formen zeigt, ähnlich wie bei *Dennstaedtia*, der Ring, den ich stets am Stielansatz unterbrochen gefunden habe, geringe Abweichung von der aufrechten Stellung.[2] Doch wieder zeigen beide Seiten Übereinstimmung mit dem typischen Bauplan des Polypodiaceensporangiums. (Fig. 15 bis 18.)

Für die hier vertretene Auffassung des Sporangienwandbaues sind gerade diese Fälle von Wert, weil sie zeigen, daß trotz der ein wenig schiefen Lage des Ringes und der unsymmetrischen Ausbildung der beiden Seiten der Wandbau doch den *Polypodiaceae* entspricht. Erstere Eigenschaften stehen, wie Bower's Untersuchungen zeigen, mit Entstehungsfolge und Orientierung der Sporangien im Zusammenhange. Die Übereinstimmung im Wandbau kann aber gewiß nur vom phylogenetischen Standpunkt aus betrachtet und verstanden werden.

Die *Dicksonieae* — unter Ausschluß der zu den *Polypodiaceae* gehörigen Arten — zeigen in der Beschaffenheit ihrer Sporangien Übereinstimmung. Mit den *Cyatheae* haben sie die vollständige Ausbildung des Ringes gemeinsam; derselbe steht ziemlich aufrecht und es sind daher beide Wandhälften ungefähr gleich groß. Damit hängt es wohl zusammen, warum die *Dicksonieae* von den älteren Botanikern von den *Cyatheaceae* getrennt und zu den *Polypodiaceae* gerechnet wurden; daß der Ring vollständig ist, konnte leicht übersehen werden, weil dies nur von einer Seite aus deutlich erkannt werden kann. Der Ring zeigt stets eine durch unverdickte Zellen deutlich abgegrenzte Stomialregion, die von 5 bis 8 schmalen und mäßig verdickten Stomiumzellen gebildet wird. Die beiden Wandhälften, die man wieder als Stiel- und Deckseite unterscheiden

[1] Vergl. Bower, l. c. p. 73.

[2] Vergl. Bower, l. c. p. 57.

kann (Fig. 19 und 20), bestehen aus zahlreichen Zellen, derart, daß es mir nicht möglich ist, so wie bei den *Polypodiaceae* und *Cyatheae*, eine übersichtliche Beschreibung des Wandbaues zu geben, zumal mir auch kein Material mit jüngeren Stadien zur Verfügung stand, deren einfacheren Bau ich einer Beschreibung hätte zu Grunde legen können. Jedenfalls glaube ich, daß es nicht möglich ist, den Wandbau dieser Gruppe auf den der *Cyatheae* einfach zurückzuführen.

Sporangien von dieser Beschaffenheit fand ich bei allen drei Dicksonieengattungen. Ich habe folgende Arten untersucht:

Balantium: Culcita (L'Herit.) Klf., *stramineum* (Labile) Diels.

Dicksonia: arborescens L'Herit., *antarctica* Br., *Berteroana* Hook., *chrysotricha* Moore, *dubia* Gaud., *Karsteniana* Kl., *lanata* Col., *Sellowiana* Hook., *squarrosa* Sw.

Cibotium: Assamicum Hook., *glaucescens* Kze., *Menziesii* Hook., *Schiedei* Schlecht. und Cham.

Thyrsopteris elegans, von welcher Art es gewiß interessant wäre zu wissen, ob ihre Sporangien sich dem *Cyatheae*- oder *Dicksonieae*-Typus anschließen oder einen selbständigen Typus zeigen, konnte ich aus Mangel an Material nicht untersuchen.[1]

Fassen wir die Ergebnisse, soweit sie die *Cyatheaceae* betreffen, zusammen und sehen wir dabei von den angeführten wenigen Ausnahmen ab, die nicht ganz aufgeklärt, andrerseits aber doch für die Systematik interessant sind, so sehen wir, daß die beiden größeren Unterfamilien der *Cyatheaceae*, nämlich die *Dicksonieae* und die *Cyatheae*, zwei verschiedene Sporangientypen besitzen, die allerdings eine gewisse Ähnlichkeit in der Beschaffenheit des Ringes aufweisen, welche als Hauptmerkmal für die Charakterisierung der Familie der *Cyatheaceae* herangezogen wird.

Durch dieses Ergebnis wird natürlich die Frage angeregt, ob die Vereinigung der *Dicksonieae* und der *Cyatheae* in eine

[1] Auch die von Bower (l. c. fig. 114, 115) gegebenen Abbildungen gestatten kein sicheres Urteil zur Entscheidung dieser Frage.

Familie gerechtfertigt ist oder, besser gesagt, ob wir annehmen können, daß im Verlaufe der phylogenetischen Entwicklung von einem gemeinsamen Ausgangspunkte aus sich die *Dicksonieae* und die *Cyatheae* entwickelt haben oder ob diese die Endglieder von den übrigen Leptosporangiatenfamilien parallelen Entwicklungsreihen repräsentieren.

Der Vergleich des Sporangienwandbaues kann diese Frage, wie ich glaube, nicht entscheiden. Die Sporangien sind uns als phyletisches Merkmal wertvoll, wenn es sich darum handelt, innerhalb des Formenreichtums der rezenten Farnflora natürliche Einheiten zu schaffen, die durch ebensoviele Sporangientypen scharf und ohne Übergänge charakterisiert sind; aber wie diese Einheiten untereinander verwandt sind, darüber können wir durch diese Merkmale nichts erfahren.

Diese Frage kann aber auch kaum durch die Heranziehung anderer Merkmale gelöst werden. Die habituelle Übereinstimmung kann gewiß ebensogut der Ausdruck konvergenter Entwicklung sein und dies umsomehr, als es ja auch unter den *Polypodiaceae* solche Formen gibt, so die früher genannten *Dennstaedtia*-Arten, die sich durch ihren Sporangienbau unzweideutig diesen anschließen. Ebenso ist es zweifelhaft, welche systematische Bedeutung wir der Verschiedenheit in der Ausbildung des Indusiums bei den *Dicksonieae* und den *Cyatheae* beilegen sollen.

Dagegen würde wahrscheinlich das genaue Studium der Sporangienentwicklung, das sich aber nicht nur auf die ersten Stadien und die Entstehung der Sporenmutterzellen zu beschränken, sondern ganz besonders die Entstehung der Wand zu berücksichtigen hätte, in dieser Frage Klarheit schaffen.

Die Konstanz des Wandbaues, wie sie für die *Polypodiaceae* feststeht und wie wir sie bei den *Dicksonieae* und *Cyatheae* beobachtet haben, diese Tatsachen bilden die Grundlage für die hier vertretene Auffassung des Sporangienbaues als eines phyletischen Merkmales. Die Einhaltung desselben Bauplanes, die Wiederholung derselben Zellteilungen bei so zahlreichen und hin und wieder ganz extremen Lebensbedin-

gungen angepaßten Formen wie den *Polypodiaceae* und *Cyatheaceae* kann nur von phylogenetischen Gesichtspunkten aus verstanden werden; verschiedene Entwicklungsreihen haben eben selbständig und auf verschiedene Weise ähnliche Organe derselben Funktion dienstbar gemacht.

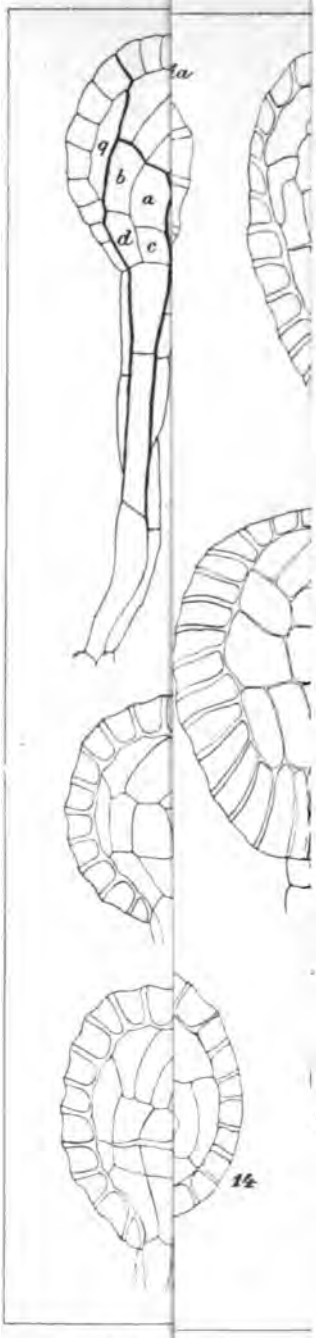
Wenn auch eine auf alle Leptosporangiaten ausgedehnte vergleichende Untersuchung keine die herrschende Einteilung wesentlich umgestaltenden, systematischen Konsequenzen haben dürfte, so würde sie doch in zweifelhaften Fällen die Frage nach der systematischen Stellung entscheiden helfen. Was für verwandtschaftliche Beziehungen unter den durch die Sporangientypen gekennzeichneten Gruppen bestehen, darüber kann zwar der Vergleich des Wandbaues nichts aussagen, doch dürfte der Vergleich der Entwicklungsgeschichte (nach Art des »biogenetischen Grundgesetzes«) manches enthüllen.

Daß auch innerhalb einer kleineren Gruppe die Vergleichung des Wandbaues Hinweise auf verwandtschaftliche Beziehungen geben kann, wenn auch nicht in allen Fällen geben wird, geht wohl aus den die Unterfamilie der *Asplenieae* betreffenden Untersuchungen hervor. Namentlich unter den *Polypodiaceae*, deren Systematik noch in mancher Hinsicht als provisorisch bezeichnet werden muß, können ganz gewiß bei einigen Artengruppen durch die Vergleichung des Wandbaues verwandtschaftliche Beziehungen aufgeklärt werden.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor R. v. Wettstein, für die freundliche Leitung und weitgehende Förderung meiner Arbeit meinen besten Dank abzustatten.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. *Blechnum occidentale*, nicht völlig reifes Sporangium, bisuturale Seite.
Fig. 2. *Blechnum occidentale*, nicht völlig reifes Sporangium, unisuturale Seite.
Bei 1 und 2 sind die ursprünglichen Segmentgrenzen stärker ausgezogen.
Fig. 3. *Blechnum gracile*, reifes Sporangium.
Fig. 4. *Asplenium viviparum*, reifes Sporangium.
(In 1 bis 4 bedeutet *st* Stomium, *hst* Hypostomium und *est* Epistomium.)
Fig. 5 bis 8. *Cyathea arborea*, 5 Deckseite und 6 Stielseite jüngerer Sporangien; 7 Deckseite und 8 Stielseite reifer Sporangien.
Fig. 9, 10. *Alsophila villosa*, reife Sporangien, 9 Deckseite, 10 Stielseite.
Fig. 11, 12. *Alsophila blechnoides*, 11*a* und *b* zwei beobachtete Fälle des Baues der Stielseite, 12 Deckseite.
Fig. 13, 14. *Dennstaedtia davallioides (Dicksonia nitidula)*; 13 bisuturale Seite, 14 unisuturale Seite reifer Sporangien.
Fig. 15, 16. *Peranema cyathoides;* 15 bisuturale, 16 unisuturale Seite von reifen Sporangien.
Fig. 17, 18. *Diacalpe aspidioides;* 17 bisuturale, 18 unisuturale Seite von reifen Sporangien.
Fig. 19, 20. *Cibotium Schiedei;* 19 Stiel-, 20 Deckseite reifer Sporangien.



K. Schnarf d

tes auf
Unter-

494.

onnen-

(1904),

IV. Ab-

(1904),

511.

(1904).

27.

1904),

1904),

h.
16.

Wiesner J., Über den Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes auf die Laubentwicklung sommergrüner Holzgewächse. Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. IV. Abhandlung.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 469—494.

Laubentwicklung sommergrüner Holzgewächse unter dem Einfluß des Sonnen- und des diffusen Tageslichtes.
Wiesner J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 469—494

Photometrische Untersuchungen auf pflanzenphysiologischem Gebiete. IV. Abhandlung.
Wiesner J., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 469—494.

Doelter C., Die Silikatschmelzen. (II. Mitteilung.)
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 495—511.

Silikatschmelzen. (II. Mitteilung.)
Doelter C., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), S 495—511.

Molisch H., Die Leuchtbakterien im Hafen von Triest.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 513—527.

Leuchtbakterien im Hafen von Triest.
Molisch H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 513—527.

Triest, Leuchtbakterien im Hafen.
Molisch H., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 513—527.

Nestler A., Zur Kenntnis der Symbiose eines Pilzes mit dem Taumellolch.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 529—546.

Symbiose eines Pilzes mit dem Taumellolch.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 529—546.

Taumellolch, Symbiose eines Pilzes mit demselben.
Nestler A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904). p. 529—546.

Schnarf K., Beiträge zur Kenntnis des Sporangienwandbaues der Polypodiaceae und der Cyatheaceae und seiner systematischen Bedeutung.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 549—573.

Sporangien, Sporangienwandbau der Polypodiaceae und Cyatheaceae und seine systematische Bedeutung.
Schnarf K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 549—573.

Polypodiaceae, Sporangienwandbau der Polypodiaceae und Cyatheaceae.
Schnarf K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 549—573.

Cyatheaceae, Sporangienwandbau der Polypodiaceae und Cyatheaceae.
Schnarf K., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 549—573.

SITZUNGSBERICHTE

DER

KAISERLICHEN AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

MATHEMATISCH-NATURWISSENSCHAFTLICHE KLASSE.

CXIII. BAND. X. HEFT.

ABTEILUNG I.

ENTHÄLT DIE ABHANDLUNGEN AUS DEM GEBIETE DER MINERALOGIE, KRISTALLOGRAPHIE, BOTANIK, PHYSIOLOGIE DER PFLANZEN, ZOOLOGIE, PALÄONTOLOGIE, GEOLOGIE, PHYSISCHEN GEOGRAPHIE UND REISEN.

Über dodekaedrische Lamellen in Oktaedriten.

Von

Dr. **Aristides Brezina.**

(Mit 1 Tafel.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Dezember 1904.)

Literatur.

A. Brezina und E. Cohen, Die Struktur und Zusammensetzung der Meteoreisen, erläutert durch photographische Abbildungen geätzter Schnittflächen. Stuttgart 1887. Erklärung der Tafeln X und XI.

A. Brezina, Die Meteoritensammlung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums am 1. Mai 1895. Annalen des k. k. naturhistorischen Hofmuseums. X, 267, 1896.

E. Cohen, Über ein neues Meteoreisen von Ballinoo am Murchisonfluß, Australien. Sitzungsberichte der k. preußischen Akademie der Wissenschaft, 1898, II, 20.

A. Liversidge, The Narraburra Meteorite. Journal and proceedings of the Royal Society of N. S. Wales. XXXVII, 234—242, pl. XI—XXII, 1903.

Im Jahre 1887 untersuchte ich gemeinsam mit Prof. Cohen das Eisen von Tazewell; wir fanden in Platten nach einer Oktaederfläche Lamellen parallel den drei Höhenlinien der gleichseitigen Dreiecke und sprachen die Vermutung aus, daß diese Lamellen nach Dodekaederflächen verlaufen.

Diese Vermutung fand ich bestätigt, als ich ebensolche Lamellen am Eisen von Ballinoo auffand; Prof. Cohen bestimmte ihren Kern als Schreibersit.

Das von Liversidge beschriebene Eisen vom Yeo Yeo- oder Narraburra-Creek, das zur Gruppe der feinsten Oktaedrite gehört, zeigt solche Lamellen in einer das ganze Gefüge beherrschenden Entwicklung und ich konnte durch die Messung

von Trassenwinkeln feststellen, daß diese Lamellen in der Tat den Dodekaederflächen parallel und je nach einer der Dodekaederflächen dünntafelig ausgebildet sind; sie sind zum Teil skelettartig entwickelt, zum Teil aber auch an den Schmalseiten von Dodekaederflächen begrenzt.

Eine mir zugekommene Platte des Narraburraeisens von 178 *g* Gewicht (Fig. 1 in natürlicher Größe) zeigt die Spuren von drei Oktaederflächen; die vierte sehr flach gegen die Schnittfläche geneigte Oktaederfläche tritt nur in der Form vereinzelter unregelmäßig begrenzter Fetzen in die Erscheinung.

Die drei scharfen Oktaederspuren bilden miteinander Winkel von

$$\begin{aligned} o_3\,o_2 &= 63°0 \text{ bis } 68°5, \text{ im Mittel } 65°8 \\ o_2\,o_1 &= 51·5 \;„\; 56·5 \;„\; „\; 54·0 \\ o_1\,o_3 &= 57·5 \;„\; 64·0 \;„\; „\; 60·8 \\ & \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad 180·6 \end{aligned}$$

oder auf 180° ausgeglichen 65°6, 53°8, 60°6.

Zahlreiche bis 3 *cm* lange Schreibersitlamellen verlaufen ungefähr nach einer Höhenlinie des von den drei Oktaederflächen gebildeten Dreieckes und ergeben Spurenwinkel von

$$\begin{aligned} o_3\,d_2 &= 27°0 \text{ bis } 35°5, \text{ im Mittel } 31°3 \\ d_2\,o_2 &= 31·0 \;„\; 37·5 \;„\; „\; 34·2. \end{aligned}$$

Der Vergleich mit der Unterseite der Platte zeigt, daß diese Lamellen zur Schnittfläche nahe senkrecht stehen; sie sind von ungefähr 1 *mm* dickem Wickelkamazit umgeben.

Daneben tritt spärlich ein zweites System von kürzeren Schreibersitlamellen auf, welches Spurenwinkel von

$$o_2\,d_1 = 21°0 \text{ bis } 38°0, \text{ im Mittel } 29°5 \text{ ergibt.}$$

Eine dritte Spur ist an einem dickern Schreibersitkristall zu bemerken, wofür mit starker Unsicherheit (wegen der Kleinheit des Kristalles) $o_1\,d_3$ zu ungefähr 25°, $d_3\,o_3$ zu 35° gemessen wird.

Die Abbildungen von Liversidge zeigen auf andern Platten alle drei Systeme von Schreibersitlamellen in der Lage

von Höhenlinien der aus den Oktaederspuren gebildeten Dreiecke.

Wird mit den oben gegebenen Oktaederspurwinkeln in die früher von mir veröffentlichte Tabelle eingegangen,[1] so ergibt sich für die Position der Schnittfläche

	gemessen	berechnet für		interpoliert für
		(25.20.16)	(764)	(16.13.10)
$o_3\,o_2$	65°6	64°9	66°1	65°5
$o_2\,o_1$	53·8	53·7	54·0	53·8
$o_1\,o_3$	60·6	61·4	59·9	60·6

Da die Interpolation für (16.13.10) als Schnittfläche eine sehr genaue Übereinstimmung mit der Beobachtung ergibt, habe ich unter dieser Annahme die Spurenwinkel der drei sichtbaren Oktaederflächen und der drei zur Schnittfläche nahe senkrechten Dodekaederflächen ausgeführt.

Die Bravais'sche Tangentenformel gibt für den Spurenwinkel α, den auf (hkl) die Flächen (efg) und (mno) einschließen

$$\operatorname{tg}\alpha = \operatorname{tg}[pqr][uvw] = \frac{\sqrt{h^2+k^2+l^2}}{pu+qv+rw}$$

worin $[pqr][uvw]$ die beiden Zonensymbole sind:

$$[pqr] = [fl—gk, gh—el, ek—fh]$$
$$[uvw] = [ko—ln, lm—ho, hn—km].$$

Für die sechs aufeinanderfolgenden Winkel zwischen den steilen Oktaeder- und Dodekaederspuren bekommt man

---

[1] Brezina, Meteoritenstudien II. Über die Orientierung der Schnittflächen an Eisenmeteoriten mittels der Widmanstätten'schen Figuren. Denkschr. d. kais. Akad., Bd. XLIV, 121—158, 1881.

$$\text{tg } o_3 d_2 = (h+k)\,[(h+k)^2+l\,(2\,l+h-k)]^{-1}\,(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$$
$$\text{tg } d_2 o_2 = (h+k)\,[(h+k)^2+l\,(2\,l-h+k)]^{-1}\,(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$$
$$\text{tg } o_2 d_1 = (k+l)\,[(k+l)^2+h\,(2\,h+k-l)]^{-1}\,(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$$
$$\text{tg } d_1 o_1 = (k+l)\,[(k+l)^2+h\,(2\,h-k+l)]^{-1}\,(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$$
$$\text{tg } o_1 d_3 = (l+h)\,[(l+h)^2+k\,(2\,k+l-h)]^{-1}\,(h^2+k^2+l^2)^{1/2}$$
$$\text{tg } d_3 o_3 = (l+h)\,[(l+h)^2+k\,(2\,k-l+h)]^{-1}\,(h^2+k^2+l^2)^{1/2}.$$

Sonach ergibt sich unter der Voraussetzung von (16.13.10) als Schnittfläche die Reihenfolge:

	$o_3 d_2$	$d_2 o_2$	$o_2 d_1$	$d_1 o_1$	$o_1 d_3$	$d_3 o_3$	$o_3 o_2$	$o_2 o_1$	$o_1 o_3$
berechnet	31°8	33°3	25°8	27°8	32°5	28°6	65°1	53°6	61°1
gemessen	31·3	34·3	29·5	24·1	ca.25	ca.35	65·6	53·8	60·6

Die Übereinstimmung ist für das einzige genauer meßbare System sowie für die Oktaederspuren eine befriedigende und ließe sich durch Wahl eines hochzahligen Symbols noch verbessern, was jedoch angesichts der starken Unregelmäßigkeiten im Gefüge der Oktaedrite zwecklos wäre.

Tafel XVII der Arbeit Liversidge's zeigt alle drei steilen Dodekaederflächen stärker entwickelt, wenngleich in sehr verschiedener Häufigkeit; hier tritt auch an mehreren dickern Schreibersitkristallen die Begrenzung durch weitere Dodekaederflächen hervor, während die kleinen Schreibersitlamellen meist durch Skelettbildung eine sanduhrförmige Gestalt erhalten. Die Messung an den beiden langgestreckten Dodekaedersystemen dieser Tafel ergab:

	$o_1 d_1$	$d_1 o_2$	$o_2 d_2$	$d_2 o_3$
gemessen.....	27°5	29°5	31°5	32°5
berechnet.....	27·8	25·8	33·3	31·8

Das Eisen vom Narraburra-Creek hat eine Lamellendicke von 0·3—0·4 *mm* und würde sonach zu den Oktaedriten mit feinen Lamellen gehören. Da es aber ein starkes Überwiegen der Felder bei großem Reichtum an Ni+Co zeigt (Ni 9·741, Co 0·474 nach Liversidge), so ist es nach der von Prof. Cohen vorgeschlagenen Systematik zu den feinsten Oktaedriten *Off* zu stellen.

Ich untersuchte nun auch die Schreibersitlamellen andrer Oktaedrite auf ihre Orientierung. Eine Platte von Augustinowka, Elisawetgrad, Gouv. Ekaterinoslaw, Rußland, gefunden 1890, Oktaedrit mit feinen Lamellen *Of* zeigt neben mehreren skelettartigen Schreibersitkristallen drei bis 1 *cm* lange, 0·2 *mm* dicke Lamellen einer Richtung und eine einzelne, 1 *mm* dicke und 6 *mm* lange Lamelle einer zweiten Richtung.

Die Messung der Spurenwinkel dieser und der oktaedrischen Balkensysteme ergab

σS	= 69°5—72°, im Mittel	70°7
$S\Sigma$	= 28—33·5 » »	30·8
Σs	= 59—63 » »	61·0
$s\sigma$	= 17—18 » »	17·5
$\sigma\delta$	= (nur eine Lamelle)	44·5
δS	= » » »	26·2
Σd	= 40—51, im Mittel	44·5
ds	= 11—20 » »	15·5

Die Reihenfolge der Oktaederspuren

70·7, 30·8, 61·0, 17·5 verglichen mit
74·8, 27·5, 59·0, 18·7

meiner Tabelle IV für die Fläche (10.8.1) zeigt, daß eine wesentliche Verbesserung dieses Symbols nicht möglich ist; die merklichen Abweichungen sind der Unregelmäßigkeit des Baues dieses aus kurzen, etwas wulstigen Lamellen bestehenden Eisens zuzuschreiben.

Die Berechnung der dodekaedrischen Spurenwinkel mit dem Symbol (10.8.1) für die Schnittfläche ergab:

	$\sigma\delta$	δS	$S\Sigma$	Σd	ds	$s\sigma$
gemessen	44°5	26·2	30·8	45·5	15·5	17·5
gerechnet	36·6	38·3	27·5	45·6	13·5	18·7

Mit Ausnahme der nur einmal vertretenen Lamelle δ zeigen die Lamellen eine hinreichende Übereinstimmung der Spurenwinkel.

Eine Platte des Eisens von Joe Wright, Independence County, Arkansas, gefunden 1884, zeigt sowohl Reichenbachsche (Troilit-) Lamellen nach den Hexaederflächen als auch Schreibersitlamellen. Das Gefüge ist hier etwas gestört, indem nicht nur kleine Verwerfungen auf kurze Längenerstreckungen sondern auch Krümmungen, besonders einzelner Oktaedersysteme auftreten.

Es finden sich alle drei Hexaederflächen und eine Dodekaederfläche, für welche folgende Spurenwinkel gemessen wurden:

		Mittel	berechnet (863)
$\sigma(1\bar{1}\bar{1})\ p(100)$	11°—26°	18°5	15°0
$p(100)\ \pi(0\bar{1}0)$	23—36	29·5	33·1
$\pi(0\bar{1}0)\ S(1\bar{1}1)$	13·5—23·5	18·5	20·6
$S(1\bar{1}1)\ D(01\bar{1})$	6—18	12·0	22·0
$D(01\bar{1})\ \Sigma(\bar{1}\bar{1}1)$	23·5—41·5	32·5	26·9
$\Sigma(\bar{1}\bar{1}1)\ P(001)$	1—3	2·0	8·3
$P(001)\ \sigma(\bar{1}11)$	59—66	62·5	54·1

Die Übereinstimmung ist hier weniger befriedigend, was sich aus der Krümmung der Lamellen erklärt. Joe Wright gehört zu den Oktaedriten mittlerer Lamellendicke *Om*.

Im allgemeinen ist die Übereinstimmung der Lage der Schreibersitlamellen mit Dodekaederflächen von derselben Ordnung der Größe, wie sie bei den übrigen Strukturelementen der Oktaedrite, den oktaedrischen Kamazitbalken und den hexaedrischen Troilitlamellen beobachtet wird.

Es sind sonach die vier hauptsächlichsten Bestandteile der Oktaedrite, welche bestimmten chemischen Verbindungen angehören, in ihrer Orientierung beständig:

Der Kamazit nach Oktaederflächen;

der Schreibersit nach Dodekaederflächen, sofern er nicht als Corona von Troilit-Graphitknollen oder als isolierte, an Reichenbach'schen Lamellen haftende Kristalle auftritt;

der Cohenit als Einlage von Kamazitbalken;

der Troilit als hexaedrische Lamellen, sofern er nicht (eine seltene Ausnahme) in der Form von Zylindern auftritt, deren Orientierung noch nicht bestimmt wurde.

Das Vorkommen des Uranpecherzes zu St. Joachimsthal

von

Josef Stěp,

k. k. Bergverwalter in St. Joachimsthal,

und

F. Becke,

w. M. k. Akad.

(Mit 3 Tafeln, 1 Übersichtskarte und 4 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 3. November 1904.)

Die Auffindung eines radioaktiven Elementes in dem Uranpecherz von Joachimsthal hat diese uralte Erzlagerstätte wieder in den Vordergrund des Interesses gerückt und dies, so wie die Erfahrungen, die der eine von uns bei dem langjährigen Betriebe des Bergwerkes sammeln konnte und die manche der älteren Angaben über die Joachimsthaler Erzgänge zu erweitern, zu berichtigen und zu ergänzen erlauben, mögen es rechtfertigen, wenn hier eine Beschreibung des Uranerzvorkommens von Joachimsthal gegeben wird.[1]

[1] Literatur über Joachimsthal. Die ältere Literatur ist zusammengestellt in: F. Babanek, Geologisch-bergmännische Karte mit Profilen von Joachimsthal nebst Bildern von den Erzgängen in Joachimsthal und von den Kupferkieslagerstätten bei Kitzbühel. Herausgegeben vom k. k. Ackerbauministerium. Wien 1891.

Die wichtigsten Publikationen seiner Liste sind: J. Fl. Vogl, Gangverhältnisse und Mineralreichtum Joachimsthals. Teplitz 1856. — G. Laube, Geologie des böhmischen Erzgebirges. Prag, I, 1876; II, 1887. — F. Babanek, Über die Erzführung der Joachimsthaler Gänge. Österr. Zeitschrift für Berg- und Hüttenwesen, 1884.

Aus neuerer Zeit nach der Publikation des Ackerbauministeriums ist zu erwähnen: René d'Andrimont, Les Filons de Pechblende de Joachimsthal (Bohème). Annales de la Société géologique de Belgique, t. XXXI. Bulletin. Liège 1904. Vergl. auch p. 587.

Dabei soll von den sonstigen geologischen Verhältnissen, von der übrigen Erzführung nur so viel erwähnt werden, als zum Verständnis des Uranerzvorkommens erforderlich erscheint.

Topographische Übersicht.

Die alte Bergstadt St. Joachimsthal liegt in einem jener steilen, N—S gerichteten Täler, die für den Südabhang des Erzgebirges so charakteristisch sind. Dem Haupttal, dem Stadtgrund, fallen, abgesehen von kleineren Seitengräben, von Nordosten zwei größere Seitentäler zu, der Dürrnbergergrund und der Zeileisengrund.

Die meisten Erzgänge streichen in der Nähe des Stadtgrundes; sie waren durch den Kaiser Josef-Schacht und den Einigkeitsschacht zugänglich, wurden durch den unterhalb des Ortes im Haupttal angeschlagenen Danielistollen entwässert und bildeten zuletzt die k. k. östliche Grubenabteilung.

Durch wiederholte Wassereinbrüche, deren bedeutendster 1881 erfolgte, wurden die tiefen Horizonte dieser Gruben vom VIII. bis XII. Joachimilaufe, die bis 350 *m* unter den Danielistollen reichten, ersäuft und auflässig, während in den oberen Horizonten der Betrieb bis zum Jahre 1900 aufrecht erhalten wurde.

Die weiter westlich auf der »Zimmerhöhe« gelegenen Erzbaue sind durch den in 917·7 *m* Meereshöhe angeschlagenen Wernerschacht zugänglich. Sie bilden die k. k. westliche Grubenabteilung, deren Baue bis 415·7 *m* unter dem Tagkranz des Wernerschachtes herabreichen und im Niveau des Danieli- und Barbarastollens mit den Bauen der östlichen Grubenabteilung kommunizieren.

Außerdem bestehen im Dürrnberger Grund die Dürrnberger Baue des k. k. Ärars und im Zeileisengrund die Baue der Gewerkschaft Sächsisch-Edelleutstollen.

Aufgelassen sind die hochgelegenen Baue der Schönerz- und Reichgeschiebzeche bei Gottesgab in den obersten Ausläufern des Zeileisengrundes und des Rauschererbtales, eines in der Nähe des städtischen Steinbruches jenem von Norden zufallenden Seitengrabens.

Ebenso sind die in nordwestlicher Richtung gelegenen Aberthamer Baue und jene der Mauriziuszeche bei Hengstererben nicht mehr im Betrieb.

Keiner von diesen aufgelassenen Bauen hat Uranerz geliefert. Die Mauriziuszeche förderte Zinnerze.

Allgemeine geologische Übersicht.

Bekanntlich gehören die Erzgänge von St. Joachimsthal jener Zone meist gangförmiger Erzlagerstätten an, die sich um die Granitstöcke des westlichen Erzgebirges gruppieren und eine solche Abhängigkeit von der Verbreitung dieser stockförmigen Intrusivmassen zeigen, daß der Schluß gerechtfertigt erscheint, sie seien auch ihrer Bildung nach abhängig von der Intrusion.[1]

Der Granitstock fand bei seiner Intrusion ein bereits gestörtes Gebirge vor.

Gneis und Glimmerschiefer.

Gneis bildet die Höhen und Abhänge des Erzgebirges östlich von Joachimsthal. Er erscheint hier als Kern von ungefähr ostwestlich streichenden Gewölben, die durch den bekannten Erzgebirgsbruch spitzwinkelig abgeschnitten sind.

Gegen Westen tauchen die Gneise unter eine Hülle von Glimmerschiefern, die dann weiterhin im NW von Joachimsthal von Phylliten überlagert werden.

So wie die Gneise sind auch die Glimmerschiefer der Gegend von Joachimsthal in Falten gelegt; die Faltung äußert sich in dem wechselnden Einfallen und in dem zonenweisen Wechsel der verschiedenen Varietäten der Glimmerschiefer. Diese Falten folgen im Gneis einem ganz bestimmten Typus,

---

[1] Karl Dalmer, Über das Alter der jüngeren Gangformationen des Erzgebirges. Zeitschrift f. prakt. Geologie, 1896, p. 3. — Die westerzgebirgische Granitmassivzone. Ebenda 1900, p. 297.

Betreffend die geologischen Verhältnisse von Joachimsthal vergl. vor allem:

G. Laube, Geologie des Erzgebirges. Prag, Řivnáč I, 1876; II, 1887.

F. Babanek, Geologisch-bergmännische Karte mit Profilen von St. Joachimsthal. Wien 1891. Herausgegeben vom k. k. Ackerbauministerium.

F. E. Sueß, Bau und Bild der böhmischen Masse. Wien 1903.

der in den von Laube mitgeteilten Profilen gut hervortritt; es wechseln steil stehende Südschenkel mit flachliegenden Nordschenkeln ab. So in dem Profil von Pürstein über den Hohen Stein nach Oberhals oder in jenem von Tschernitz über den Seifenberg nach Kupferberg.[1]

Derselbe Faltungstypus, steile, Süd fallende und flache, Nord fallende Schenkel, beherrscht auch jene Glimmerschieferpartie, die die Joachimsthaler Erzgänge beherbergt.

Übergang von steilem Südfall zu flacherem Nordfall ist schon am Ausgange des Joachimsthaler Quertales bei Brand bekannt. Auf dem Sattel zwischen dem Haupttal und dem Dürrnberger Grund (•652 der Karte von Babanek) sieht man Nord fallende Glimmerschiefer. Etwas weiter nordöstlich, in Dürrnberg, beobachtet man in einem kleinen Steinbruch oberhalb des sogenannten »Glockenhäusels« Streichen N 70° O Fallen 50 bis 60° SSW. Westlich von dem Dürrnberger Schulhaus ist am westlichen Gehänge des Tales in einem größeren natürlichen Aufschluß mehrfaches Wechseln der Schieferungsflächen zu beobachten, die mehrere kleine Falten bilden. Alle nach Süden fallenden Faltenschenkel sind steil, die nach Norden fallenden flach. Die Messung ergibt:

Südschenkel.....	Streichen N 85° O,	Fallen 75° S.
Nordschenkel.....	» N 50° O,	» 15° NW.

Die nord- und südfallenden Schenkel schneiden sich in Faltenrücken, deren Antiklinallinien ein deutliches Ausheben in der Richtung gegen Osten (gegen den Gneiskern), ein Einfallen gegen Westen (gegen den Eibenstock- Neudecker Granitstock) erkennen lassen. Sie fallen unter Winkeln von zirka 10° gegen S 80° W.

Der folgende Rücken zwischen dem Dürrnberger Tal und dem Zeileisengrund sowie die Aufschlüsse in diesem selbst zeigen eine fast saigere Lage der Schieferungsflächen mit O—W-Streichen (städtischer Steinbruch im Zeileisengrund und ein kleiner Steinbruch am Talzwiesel zwischen Elbecken- und Rauschererbgrund). Hier ist eine merkliche Streckung des

[1] Vergl. Laube, Geologie des Erzgebirges. II, p. 139 und 140.

Gesteins angedeutet durch feine Fältelung der Schieferungsflächen. Auch diese senkt sich unter flachem Winkel nach W.[1]

In der Umgebung der Gruben, im Stadtgrunde und an dem Nebengestein der jetzt zugänglichen Erzgänge hat man überall ungefähr W—O- oder WSW—ONO-Streichen und Fallen nach N oder NW.

Die ganze Glimmerschieferpartie um Joachimsthal erscheint somit als eine in O—W mit merklicher Abweichung nach SW streichende, in Falten gelegte Hülle um die weiter östlich sich heraushebenden Kernmassen von Gneis.

Die Faltenrücken und die Streckung der Gesteine, wo solche nachweisbar ist, senkt sich gegen W und senkrecht auf diese Streckung zeigen sich an zahllosen Stellen ungefähr N—S streichende und steil gegen O einschießende oder saigere glatte Querklüfte.

Mit dieser Auffassung harmoniert nun auch das Auftreten der als »Geyerischer Kalkstrich« bekannten Kalkeinlagerung, welche östlich vom Stadtgrunde, in den tieferen Horizonten des Einigkeitsschachtes und in den oberen Horizonten des südlicher gelegenen Kaiser Josef-Schachtes angetroffen wurde, die dann ziemlich genau östlich in der Verlängerung des Streichens auf dem Türkner zwischen Stadt- und Zeileisengrund ansteht, aber in der Tiefe des Zeileisengrundes nicht zum Vorschein kommt. Auch sie hebt sich also gegen O zu aus.

Diese in Falten gelegte Glimmerschieferhülle ist nun im W abgeschnitten durch den Eibenstock-Neudeker Granitstock. In der nächsten Nachbarschaft der Granitgrenze ist die

---

[1] Nebenbei sei hier ein Fehler der Karte von Babanek angemerkt. Sowohl der städtische Steinbruch im Zeileisengrund neben dem Maria Theresia-Stollen als der erwähnte Talzwiesel beim Traum Gottes-Stollen stehen in Glimmerschiefer an. Der Porphyrgang, den Babanek dort angibt, zieht weiter westlich durch. Der große städtische Steinbruch ist auch die klassische Fundstelle des »Skapolithglimmerschiefers« von Sandberger (Untersuchungen über Erzgänge, II. Heft, Wiesbaden 1885, 219). Wir kommen auf diese Angabe zurück. Die von Babanek angenommene Diskordanz zwischen den »Skapolithschiefern« und den eigentlichen Joachimsthaler Schiefern (Beschreibung der geolog.-bergmänn. Verhältnisse der Joachimsthaler Erzlagerstätte, 1891, p. 9) beruht wohl auf der Wahrnehmung des verschiedenen Einfallens, das durch Faltung viel einfacher zu erklären ist.

Lagerung der Glimmerschiefer von dem Umriß des Granitstockes beeinflußt, wie schon die älteren Aufnahmen gezeigt haben. Das Streichen der Schiefer folgt dem Verlauf des Granitrandes, zwischen die Schiefer sind Lagen und Adern von Apliten eingedrungen und die Schiefer erinnern in Habitus und Struktur an Hornfels.

Die Einlagerungen von Amphiboliten, Granat-Epidotfels etc. im Glimmerschiefer haben zu den uranführenden Erzgängen keinen Bezug und werden deshalb hier übergangen.

Petrographische Beschaffenheit der Joachimsthaler Glimmerschiefer.

Die Glimmerschiefer Joachimsthals zeigen ziemlich große Variabilität im Korne, im Mengenverhältnis der Gemengteile, im Gehalt an kohligen Substanzen und erzigen Bestandteilen. Laube unterscheidet eine ziemlich große Anzahl von Varietäten, Babanek scheidet auf seiner Karte gleichfalls fünf verschiedene Arten aus. Auf diese Einzelheiten näher einzugehen, ist hier nicht der Ort. Für die Erzgänge ist von Bedeutung der Unterschied zwischen den hellen, muskovitreichen, häufig granatführenden, feldspatarmen oder -freien Glimmerschiefern und den dunkleren, biotitreichen und feldspatführenden, zumeist granatfreien, oft etwas kohligen Glimmerschiefern, welche speziell als »Joachimsthaler Schiefer« bezeichnet wurden; die letzteren beherbergen die reichen Gänge.

Diesen schließen sich auch jene Schiefer an, die Laube als Fahlbandschiefer bezeichnet. Sie sind durch einen nicht unbeträchtlichen Gehalt an Kiesen ausgezeichnet, der sich durch rotbraune Verwitterungsfarbe verrät.

Die Joachimsthaler Schiefer wurden von mehreren Punkten mikroskopisch untersucht.

Als wesentliche Gemengteile treten auf:

Biotit, rotbraune Schuppen, oft nesterartig versammelt, sehr häufig in ein schwach doppeltbrechendes, chloritisches Mineral mit negativem Charakter der Doppelbrechung und übernormalen Interferenzfarben verwandelt, wobei Rutil ensteht.

Muskovit. Schuppen und Tafeln randlich oft diablastisch in Zacken und Fortsätze aufgelöst, die Quarz- und Feldspatkörner umschließen; auch in feinschuppigen, an Sericit erinnernden Lagen und Häuten.

Quarz in granoblastischen Lagen und Linsen in bemerkenswerter Weise frei von kataklastischen Störungen.

Oligoklas-Albit. Körner, die sich randlich diablastisch auflösen und mit den Glimmern und dem Quarz verzahnen. Bisweilen als Porphyroblasten aus dem schuppigen Grundgewebe der Glimmer hervortretend. Diese Ausbildung besonders schön im Dürrnberger Grund und am Edelleutstollen.

Die Bestimmung beruht auf der Beobachtung schwach + Charakters nach der Hyperbelkrümmung, einer beträchtlichen + Auslöschungsschiefe in Schnitten annähernd parallel *M* und auf der Lichtbrechung, welche sich in allen Schnitten unter der des Quarzes hält, aber doch dem Brechungsquotienten ω des Quarzes manchmal recht nahe kommt.

Sehr selten beobachtet man Zwillingsbildung und dies ist offenbar die Ursache, daß die älteren Beschreibungen häufig Orthoklas oder nur Feldspat angeben.

Zonenstruktur war nie zu beobachten. Dagegen zeigte sich an den Einschlüssen nicht selten jene Reststruktur, für welche Weinschenk den Ausdruck »helizitisch« eingeführt hat: Einschlüsse von Quarz, Erzkörnchen, Rutil durchziehen das Feldspatkorn in flach S-förmigen Kurven und deuten dadurch eine alte Schiefer- oder Fältelungsstruktur an, welche auf einen früher phyllitischen oder tonschieferähnlichen Zustand zurückweist.

Der Feldspat ist insbesondere in den Proben aus der Nachbarschaft der Erzgänge stark getrübt oder auch in feinschuppige glimmerähnliche Neubildungen umgewandelt.

Als akzessorische Gemengteile finden sich:

Turmalin in unvollkommen ausgebildeten Säulchen, mitunter parallelstengelige Aggregate bildend (städtischer Steinbruch im Zeileisengrund).

Apatit, länglich eirunde Körner.

Titanit, Aggregate kleiner trübgrauer Kriställchen.

Pyrit, Eisenglanz, Rutil, letzterer im Quarz in schlanken, scharfen Säulchen von violettbrauner Farbe, im Biotit in kürzeren Körnern mit zarten, borstigen Fortwachsungen besetzt.

In der Nachbarschaft der Erzgänge ist der Biotit fast gänzlich verschwunden und die Menge von Kaliglimmer scheint zuzunehmen.

Seit den Untersuchungen Sandberger's[1] figuriert in allen Beschreibungen Joachimsthals ein Skapolithschiefer und diesem ist auf Babanek's Karte ein ziemlich breiter Streifen in der Verlängerung des »Geyerischen Kalkstriches« zugewiesen. Proben aus dem klassischen Fundpunkt Sandberger's, dem städtischen Steinbruch im Zeileisengrunde, sowie solche von anderen Stellen des Zeileisengrundes und des Dürrnberger Tales ließen außer den oben genannten Mineralien keinen weiteren Gemengteil erkennen. Es scheint, daß der Oligoklas-Albit mit Skapolith verwechselt wurde. Auch die braune pleochroitische Hornblende, welche Sandberger anführt, kommt in keiner Probe vor; es dürfte der Turmalin dafür genommen worden sein, den Sandberger nicht erwähnt.

Im Bereich der Joachimsthaler Schiefer kommen merkliche Unterschiede vor; insbesondere werden zwei extreme Varietäten unterschieden, die auch in Bezug auf die Erzführung einen beträchtlichen Unterschied erkennen lassen.

---

[1] F. Sandberger, Untersuchungen über Erzgänge, 2. Heft. Wiesbaden 1885.

Die eine Varietät, die milden Joachimsthaler Schiefer, sind durch geringen Quarzgehalt und Reichtum der glimmerigen Gemengteile ausgezeichnet. In der Nähe der Erzgänge sind sie meist ziemlich licht gefärbt. Die Proben aus der Grube[1] zeigen einen fast völligen Mangel an Biotit, dagegen neben reichlichem feinschuppigen Sericit eine große Menge von chloritischen Bestandteilen, deren Beschaffenheit, namentlich deren Gehalt an feinen Rutilnadeln die Abstammung von früher vorhandenem Biotit nicht unwahrscheinlich macht.

Die andere Varietät,[2] hart, kurzklüftig, hellgrau gefärbt, ist durch Armut an glimmerigen Bestandteilen überhaupt, Reichtum an Quarz ausgezeichnet. Muskovit in mehr vereinzelten Schüppchen ist nicht selten, auch Biotit kommt in spärlichen Blättchen vor. Man hat das typische Bild eines quarzitischen, weniger stark veränderten Glimmerschiefers.

Erfahrungsgemäß sind die Erzgänge im milden Schiefer reicher als im kurzklüftigen.

Porphyrgänge, Minettegang.

Die Glimmerschiefer des Gebietes von Joachimsthal sind von zahlreichen Porphyrgängen durchzogen, welche mehrfach untersucht wurden.[3] Die schon von älteren Beobachtern ausgesprochene Meinung, daß die Porphyrgänge von Joachimsthal Apophysen des Neudeker Granitstockes darstellen, dürfte zu Recht bestehen.

Die Porphyrgänge bilden ein recht unregelmäßiges Netzwerk, in welchem die Richtung parallel dem Granitrande (NW—SO) vorherrscht. Die Porphyrgänge durchsetzen daher spitzwinkelig die Schieferlagen.

In neuester Zeit wurde im Tiefbau des Wernerschachtes, und zwar bei Ausrichtung des Bergkittlerganges südwärts vom Schweizer-Hauptquerschlage am II. Wernerlauf noch ein anderes Ganggestein angetroffen, das so wie die Quarzporphyre zu den Begleitern des Neudek-Eibenstocker Granits gehört, eine Minette von recht typischer Beschaffenheit.

---

[1] Proben wurden untersucht vom Geistergang, Danieli-Umbruch und vom Geistergang, ober dem III. Wernerlauf, 13. Nordfirst.

[2] Untersucht wurde eine Probe vom Geister Liegendgang, I. Wernerlauf, N vom Andreasgang.

[3] Zirkel, Mikroskop. Gesteinsstudien. Diese Sitzungsberichte, 1863, XLVII. Bd., 226. — Laube, Geologie des Erzgebirges, I, 38, 1876.

Das dunkelviolettbraun gefärbte Gestein erscheint dicht bis feinschuppig. Im Dünnschliff erkennt man als Gemengteile vorherrschend braunen Biotit in ziemlich dünnen Tafeln, ferner Pseudomorphosen, die jetzt wesentlich aus Calcit und einem bräunlichgrün gefärbten, chloritischen Mineral bestehen und eine parallele Fasertextur erkennen lassen, mutmaßlich Pseudomorphosen nach einem Pyroxen; trübe zersetzte Flecken, die wahrscheinlich auf Feldspat deuten, in geringer Zahl und spärliche Körner von Quarz. Auffallend ist das ziemlich reichliche Auftreten von ziemlich deutlich graubraun gefärbten Apatitnadeln, die alle anderen Gemengteile durchstechen. Hexagonaler Querschnitt und die optische Orientierung lassen keinen Zweifel an der richtigen Bestimmung.

Minette ist bisher im Gebiet von Joachimsthal nicht beobachtet worden, wohl kennt man sie aber aus dem benachbarten sächsischen Anteil des Erzgebirges.[1]

An der angegebenen Stelle wird die Minette vom Erzgange durchsetzt und erweist sich somit dieser als jünger.

Tertiäre Eruptivgesteine.

In tertiärer Zeit wurde das Gebiet von Basaltgängen und Phonolithgängen durchsetzt, die mit dem benachbarten Eruptionszentrum von Oberwiesenthal zusammenhängen dürften.

Im Norden des Gebietes tritt als eine zirka 60 *m* mächtige Ausfüllung einer von Tag bis zur Tiefe von 400 *m* nachweisbaren Spalte mit nahezu senkrechten Wänden die sogenannte Putzenwacke auf.

Die Putzenwacke ist ein basaltischer Brockentuff, bestehend aus faust- bis kopfgroßen Brocken glimmer- und augitreichen Basaltes, die zumeist gänzlich in eine zerreibliche, braune, erdige Masse umgewandelt erscheinen. Dieselbe Beschaffenheit hat auch das Zement, welches die Brocken zusammenhält. In diesem liegen lose reichliche Tafeln von Glimmer, Augit und basaltischer Hornblende.

Der Tuff enthält zahllose Brocken und Schollen von Schiefer, von Porphyr, die von den Wänden der Spalte stammen, von Granit, der offenbar aus der Tiefe emporgebracht wurde.

[1] Z. B. bei Oberwiesenthal. Sauer, Erläut. zur geol. Karte von Sachsen, Blatt Oberwiesenthal, 1884. Minette in Laube, Geologie des Erzgebirges, ist in ganz anderem Sinne gebraucht und bezieht sich auf basische Ausscheidungen in Granit.

In dieser Wacke wurden wiederholt Stücke von Lignit mit deutlich erkennbarer Holzstruktur gefunden. Es muß somit die Ablagerungsstätte auch nach oben Kommunikation besessen haben.

Diese Putzenwacke ist also eine vulkanische Eruptivbreccie, vergleichbar den von Branco beschriebenen Tuffschloten im schwäbischen Jura. Auffallend ist die deutlich ausgeprägte Spaltenform der Lagerstätte mit steilen, fast saigeren Seitenwänden (vergl. die Karte). Die Putzenwacke wurde in der Westgrube auf den Stollenhorizonten einige Male durchquert. In der Streichrichtung kann sie obertags auf zirka 4 *km* Länge verfolgt werden. Ihre Mächtigkeit erreicht 60 *m*. In der westlichen Grube am Danieli-Stollen durchsetzt Basalt mit deutlicher Verdichtung am Salband die Putzenwacke; in dem trockenen Wassergraben westlich vom Stadtteich sieht man einen Gang von Phonolith in der Putzenwacke aufgeschlossen. In beiden Fällen läßt sich der Eruptivgang nicht über den Bereich der Putzenwacke hinaus verfolgen.

Doch finden sich Stellen, wo jüngere Basaltgänge sowohl die Putzenwacke als die Nebengesteine durchsetzen. Der Brockentuff gehört somit zu den ältesten tertiären Eruptivbildungen.

Außer dem Gange der Putzenwacke finden sich im Bereich der Joachimsthaler Erzgänge noch eine Anzahl wenig mächtiger Basaltgänge (in der montanistischen Literatur meist als Wackengänge bezeichnet). Ihre Mächtigkeit überschreitet selten 1 *m*, geht andrerseits häufig bis auf wenige Zentimeter herab.

Sie lassen in der Regel sehr deutlich eine Verdichtung des Kornes gegen das Salband erkennen; die oft nur wenige Zentimeter betragenden auskeilenden Enden dieser Gänge zeigen eine ganz dichte Beschaffenheit. Das Gestein läßt häufig weitgehende Zersetzung erkennen, namentlich die dichten Salbänder bestehen oft nur aus einer dunkelgrünen, im bergfeuchten Zustande bisweilen plastischen Masse, die beim Trocknen zerbröckelt. Oft zeigt sich daran ein eigentümlicher weicher Seidenglanz, eine Folge der Zusammensetzung aus winzigen Blättchen eines chloritischen Minerals, die parallel der fluidalen Struktur angeordnet sind, die in der ursprünglich

glasigen Masse vorhanden gewesen sein dürfte. Durchaderung von faserigen, seidenartig glänzenden, dünnen Calcittrümchen ist eine häufige Erscheinung.

An einem mächtigeren Gange dieser Art, der im Februar 1904 beim Betriebe eines Südmittelortes am Schweizergange, 9 *m* unter dem II. Wernerlauf in der Nähe des Hauptquerschlages aufgeschlossen war, zeigte sich die innere Hälfte des Basaltganges mandelsteinartig ausgebildet. Proben dieses Gesteins zeigten ein sehr dichtes Gefüge mit merklicher Fluidalstruktur und als Gemengteile vorwaltend langsäulenförmigen Augit, untergeordnet Pseudomorphosen nach Olivin in einer glasigen, durch viele Magnetite dunkel gesprenkelten Basis.

Andere Vorkommnisse, die von Laube[1] untersucht wurden, erwiesen sich als Nephelinbasalte.

Jedenfalls verläugnet keines der hieher gehörigen Gesteine durch den Reichtum an dunklen Gemengteilen, vor allem Augit, die Armut an feldspatigen, die Zugehörigkeit zur atlantischen Sippe.

Die Erzgänge.

Die Erzgänge Joachimsthals zerfallen in zwei scharf geschiedene Gruppen, deren Lage abhängig erscheint von der Struktur des Glimmerschiefers, in dem sie aufsetzen: in die Morgengänge, deren Streichen ungefähr mit dem Streichen der Glimmerschiefer zusammenfällt, und in die Nordgänge, welche die Schichten des Glimmerschiefers beiläufig senkrecht durchsetzen.

Die Morgengänge haben ein Streichen von Stunde 6 bis 7 und ein durchwegs nach Norden gerichtetes Einfallen. Zahlreiche Pingen und Halden lassen erkennen, daß sie in der Nähe des Ausbisses ziemlich erzführend gewesen sein müssen. In der Tiefe erweisen sie sich mit wenigen Ausnahmen taub.

In der gegenwärtig allein zugänglichen Westgrube (Wernerschacht) sind folgende Morgengänge (von Süd nach Nord) die wichtigsten:

---

[1] Laube, Geologie des Erzgebirges, I, p. 48.

Geiergang,
Andreasgang,
Kühgang,
Segen Gottesgang,
Dorotheagang,
Eliasgang.

Die Nordgänge haben zumeist steiles westliches Einfallen. Die wichtigsten im Grubenbau des Wernerschachtes sind von O gegen W:

1. Der Schweizergang,
2. Bergkittlergang,
3. Hieronymusgang,
4. Geistergang,
5. Widersinnige Gang mit steil östlichem Einfallen,
6. Rote Gang,
7. Fludergang.

Die Nordgänge fallen, mit Ausnahme des Widersinnigen Ganges mit steil östlichem Verflachen, alle steil nach Westen (gegen den Granit) ein.

Das Netz der Morgen- und Mitternachtsgänge erscheint im großen und ganzen abhängig von der Struktur der Schiefer. Im einzelnen wird es nicht selten beeinflußt durch den Verlauf der Porphyrgänge. Die Erzgänge erwiesen sich durchwegs jünger als die Porphyrgänge, da sie diese durchsetzen.

Häufig folgen die Erzgänge eine Strecke weit den Porphyrgängen, was mechanisch leicht verständlich erscheint. Bisweilen beobachtet man auch kleine Verwerfungen der Porphyrgänge durch die Erzgänge.

Ganz anders verhalten sich die Gänge der tertiären Eruptivgesteine: Putzenwacke und Basalt zu den Erzgängen. Die Basalte haben bei ihrem Eindringen die Erzgänge bereits vorgefunden. Häufig folgen die bei der Basalteruption aufgerissenen Spalten eine Strecke weit den Erzgängen, zumeist einem der Salbänder, seltener ist der Erzgang in der Mitte aufgerissen worden.

Sehr interessant gestalten sich bisweilen diese Durchsetzungen, wenn man sie durch mehrere Horizonte verfolgen kann.

Lehrreich ist in dieser Beziehung das Verhalten des Basaltes zum Geistergange am Danielistollen. 20 *m* unter dem Danielihorizont sieht man in einem Mittelort den Geistergang vom Basaltgang mit steilem nördlichen Einfallen beinahe senkrecht durchsetzt; am Danielistollen sieht man den Basalt von Osten her mit steil nördlichem Einfallen an den Geistergang herankommen, den Erzgang durchsetzen, eine Strecke von zirka 8 *m* dem westlichen Salbande des Geisterganges folgen und dann wiederum, aber mit entgegengesetztem (südlichen) Einfallen sich in der ursprünglichen Richtung fortsetzen. Vergl. Fig. 1 und 2. Fig. 3, 4 zeigt die Ablenkung eines Basaltganges durch den Geistergang.

Noch komplizierter ist die Durchsetzung des Basaltes durch Porphyr- und Erzgang am Schweizergange. Am II. Wernerlauf sieht man den Basaltgang aus dem Liegenden, Porphyr durchsetzend, an den Erzgang herantreten und seinem östlichen Salbande durch zirka 100 *m* folgen. Er verliert immer mehr an Mächtigkeit und keilt schließlich aus. Am Danielihorizont zeigt sich das komplizierte Bild Taf. II, das auch ohne weitere Beschreibung verständlich sein dürfte. Der Wackengang schleppt sich auch hier am östlichen Salbande des Erzganges, sendet bei zirka 10 *m* Entfernung vom Scharkreuz ein erstes Trum von Basalt ins Hangende, bei 20 *m* schlägt er sich ganz als schmales Trümchen ins Hangende, indem er den Erzgang durchsetzt.

Der mächtige Gang der Putzenwacke schneidet die ihn kreuzenden Erzgänge, z. B. den Roten Gang, den Fludergang, glatt ab, und ohne merkliche Veränderung der Richtung konnte in neuerer Zeit die Fortsetzung dieser Gänge im Süden der Putzenwacke nachgewiesen werden.

Alle diese Erscheinungen beweisen auf das deutlichste, daß die Erzgänge in ihrer Anlage und auch in ihrer Füllung älter sind als die tertiären Intrusionen und Eruptionen.

Diese Ansicht kann nicht erschüttert werden durch die Angaben von Erzvorkommen auf den »Wackengängen« und in der »Putzenwacke«. Die letztere enthält, sowie sie Bruchstücke aller im Gebiet auftretenden Gesteine führt, wohl auch

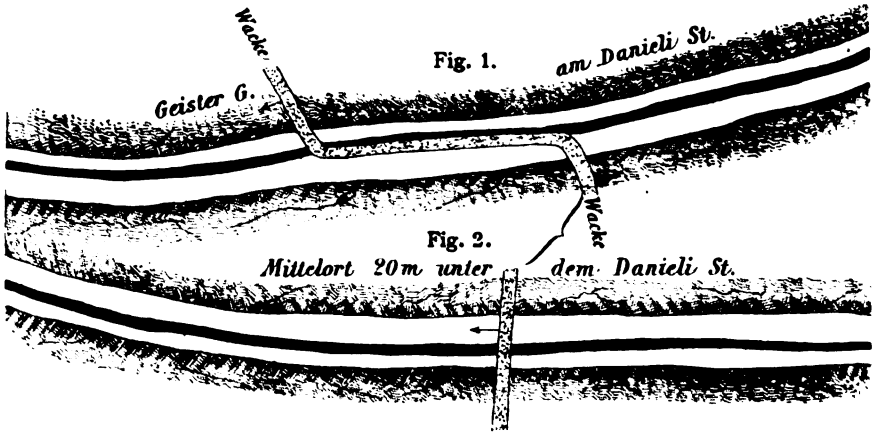


Fig. 3.

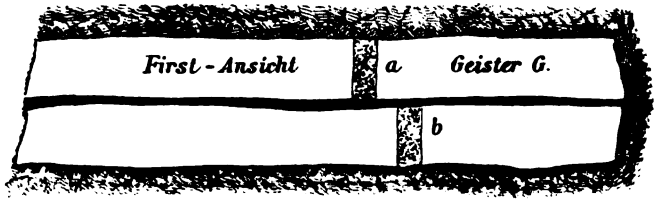
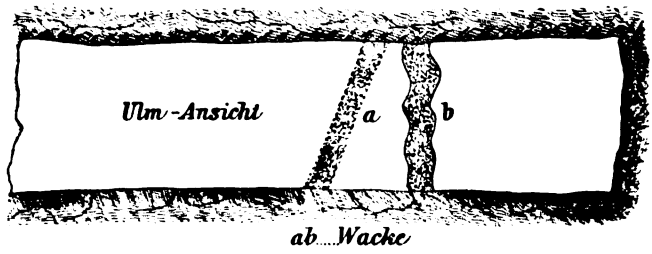


Fig. 4.



Mittelort als I. First ober dem I. Wernerlauf, 28 *m* unter dem Danielistollen.

ab und zu vereinzelt Brocken der Gangfüllung der von ihr durchsetzten Erzgänge. Dies widerspricht nicht dem jüngeren Alter der Tufferuption, sondern ist geradezu ein Beweis derselben.

Für ein wenigstens teilweise jüngeres Alter der Erfüllung scheint die Angabe Babanek's zu sprechen, daß stellenweise auch die Wacke erzhaltig sei. So wird vom Junghäuerzechergang berichtet,[1] daß im Liegenden des Andreasganges, woselbst er im Kalk ansteht, am 7. bis 11. Joachimilauf ein Adelspunkt angetroffen wurde. Der Gang wird von Wacke durchsetzt, die Wacke führte Rotgültigerz, mittagseits von der Scharung Uranerz.

Proben dieses (oder eines ähnlichen) Vorkommens, von Babanek's Aufsammlungen herrührend, sind in der Werksammlung von Joachimsthal zu sehen. Das Erzvorkommen beschränkt sich auf äußerst zarte Anflüge von Rotgültigerz und gediegen Silber auf feinsten Klüften des zersetzten basaltischen Gesteins und läßt sich ohne Schwierigkeit als sekundäre Umlagerung der Erze des Erzganges nach der Intrusion des Basaltes erklären.

Das Uranerz der Joachimsthaler Erzgänge.

Wo immer im Joachimsthaler Erzrevier uranhaltige Erze auftreten, ist das Uranpecherz (Uranin, Pechblende der alten Bergleute) das ursprüngliche Uranmineral. Von anderen uranhaltigen Mineralen findet sich eine große Mannigfaltigkeit, aber alle diese sind sekundäre Bildungen, die wenigstens in Joachimsthal keinerlei Bedeutung für die Uranerzgewinnung haben.

Das Uranerz hat aber in Joachimsthal eine ganz bestimmte, eigenartige Paragenese, die sich nicht nur an den jetzt in Abbau befindlichen Gängen, wie dem Schweizer- und Geistergange beobachten läßt, sondern auch an der Hand der älteren Nachrichten und nach den in Sammlungen aufbewahrten Stufen bei früheren Uranerzanbrüchen in derselben Weise auftrat.

Danach findet sich eine konstante Aufeinanderfolge von:

1. Quarz,
2. Uranerz,
3. Dolomit.

---

[1] Über die Erzführung der Joachimsthaler Erzgänge. Österr. Zeitschrift für Bergbau und Hüttenkunde, 1884, 1, 21.

Quarz in Form dünnerer oder dickerer Krusten, welche bisweilen in deutliche feine Kristallspitzen endigen, erscheint als älteste Bildung, die sich häufig direkt auf dem Nebengestein des Ganges absetzt, oft auch die in den Gangraum hereingefallenen Gesteinsbruchstücke überdeckt.

Über dem Quarz setzt sich dann das Uranerz in Krusten ab, welche anscheinend dichte Beschaffenheit und muscheligen Bruch zeigen und auf der freien Oberfläche jene charakteristischen nierförmigen bis traubigen Gestalten zeigen, die man in Sammlungen so häufig findet.

Bisweilen sitzt auch das Uranerz direkt auf Nebengestein; daß in solchen Fällen die vorangehende Quarzbildung nicht wirklich fehlt, beweisen Stücke, an denen man in den Gangraum hineingefallene Gesteinsbrocken sieht, welche auf drei Seiten von Uranerz überkrustet sind, während nur auf zwei Seiten sich darunter eine dünne Quarzkruste nachweisen läßt (Fig. 1, Taf. III). Solche Stücke beweisen, daß noch während des nach und nach erfolgenden Absatzes von Quarz und Uranerz Bewegungen im Gange waren, welche zu einem Zersprengen des Nebengesteins und Zerbrechungen der in die Gangspalte gefallenen Bruchstücke führten.

Ähnliche Vorgänge, wenn sie während des Absatzes von Uranerz eintraten, führten wohl auch zu jenen Linsen und Nestern von Uranerz, welche allseitig von den charakteristischen nierförmigen oder traubigen Oberflächengestalten bedeckt sind. Solche »Nieren« wurden mit Vorliebe für Sammlungen ausgewählt und man begegnet ihnen daher häufig. Sie lassen quer durchschnitten zumeist eine dünne Quarzlage im Inneren erkennen und darüber Krusten von Uranerz, die nach beiden Seiten die freien Oberflächen kehren.

Ein lehrreiches Stück dieser Art ist in Fig. 4, Taf. III nach einem Radiogramm im Durchschnitt dargestellt. Man erkennt, daß die einzelnen Schichten von Uranerz etwas ungleich auf die photographische Platte gewirkt haben. Zunächst über dem als weiße Linie auftretenden Quarz folgt schwächer wirkendes Uranerz auf der einen Seite, darüber dann eine stärker radioaktive Schichte, welche beide Seiten überzieht.

Über dem Uranerz folgt dann ein meist rötlich gefärbter Dolomit. Die rötliche Farbe ist nicht ursprünglich, sondern eine nachträgliche Oxydationserscheinung. Die ursprüngliche Farbe in den frischesten Partien ist schwach erbsengelb.

Der Dolomit ist meist derb und oft ziemlich grobspätig; um so gröber, je reicher die Gangfüllung und je gröber die nierförmige Oberfläche des darunter liegenden Uranerzes. In manchen Stücken, z. B. vom Hildebrandgang, sieht man das Uranerz in feintraubigen Gestalten auftreten, die sich schließlich zu kleinen, wenige Millimeter messenden Kügelchen auflösen, die in feinkörnigem Dolomit förmlich schwimmen (vergl. Radiogramm Fig. 2, Tafel III).

Bisweilen beobachtet man eine Wechsellagerung von Uranerz- und Dolomitkrusten. Die Sammlung der Edelleutstollengewerkschaft bewahrt prachtvolle Stücke dieser Art, die eine mindestens dreimalige Wiederkehr der Uranerzbildung erkennen lassen.

Bisweilen kommt es auch vor, daß bei reichlichem Absatz von Uranerz die Karbonate nicht mehr in der ursprünglichen Gangspalte zum Absatz kommen, daß vielmehr der Gang am einen oder anderen Salbande nochmals aufreißt und erst hier der Dolomit — bisweilen mit Ausbildung von einfachen Kristallformen — in Drusenräumen sich entwickelt.

So wie alle Erzvorkommnisse der Joachimsthaler Gänge ist das Uranerz sehr ungleichförmig verteilt. Die anhaltende Füllung der Gänge besteht, abgesehen von den lettigen Zersetzungsprodukten des Nebengesteins, aus Carbonaten, Dolomit und Kalkspat. In der Nähe der Uranerze ist die Gangfüllung dolomitisch.

Innerhalb der Uranerzvorkommen zeigen sich häufig die reicheren Krusten im Liegenden des Ganges, während sie im Hangenden schwächer auftreten, oft auch ganz fehlen, wenn im Hangenden eine Gangbreccie auftritt. Ins Liegende abgehende Trümer und Ausläufer enthalten häufig sehr reine Uranerzfüllung.

Das beständige Zusammenvorkommen von Quarz-Uranerz-Dolomit, die regelmäßige Aufeinanderfolge dieser Mineralbildungen, die Art ihrer Verwachsung erregen die Vermutung,

daß es mit der Bildungsweise des Uranerzes, mit dem chemischen Prozeß seiner Abscheidung in irgend einem ursächlichen Zusammenhang stehe.

Altersbeziehungen des Uranerzes zu den anderen Erzen des Joachimsthaler Erzreviers.

Bekanntlich unterscheidet man in den Erzlagerstätten der westerzgebirgischen Granitmassivzone vier Erzformationen: 1. Die Zinnerzformation, 2. die kiesige Bleierzformation, 3. die Kobalt-Silbererzformation, 4. die Eisen-Manganerzformation.[1] 1 und 2 sind durch Übergänge verbunden; die Zinnerzformation ist an den Granit und seine nächste Nachbarschaft gebunden, die kiesige Bleierzformation tritt in größerer Entfernung vom Granit auf, die beiden unter 3 und 4 angeführten Erzformationen sind jünger als 1 und 2. Die Joachimsthaler Erze fallen unter die Kategorie 3. Innerhalb der Kobalt-Silbererzformation lassen sich deutliche Altersunterschiede erkennen. Die Kobalt-Nickel-Arsenerze erweisen sich entschieden als ältere Bildungen gegenüber den Silbererzen: Argentit, Rotgültigerz, Stephanit, gediegenes Silber.

Dieses schon von den früheren Beobachtern[2] hervorgehobene Altersverhältnis können wir nach unseren Erfahrungen in der Grube und nach den Stufen der Sammlungen, die daraufhin durchgesehen wurden,[3] durchwegs bestätigen.

---

[1] Karl Dalmer, Die westerzgebirgische Granitmassivzone. Zeitschr. für prakt. Geologie, 1900, 297.

[2] G. Laube, Erzgebirge, I, 1876, p. 183. — Franz Babanek, Über die Erzführung der Joachimsthaler Erzgänge. Österr. Zeitschr. für Bergbau und Hüttenkunde, 1884, 21. Babanek nimmt an, daß die jüngeren Silber-Uran-Wismuterze aus der Tiefe stammen, während die älteren Kobalt- und Nickelerze durch Lateralsekretion gebildet sein sollen. — René d'Andrimont, Les Filons de Pechblende de Joachimsthal (Bohème). Annales de la Société géologique de Belgique, t. XXXI. Bulletin. Liège 1904.

[3] Außer der reichen Werksammlung in Joachimsthal wurden insbesondere geprüft: Die Sammlung des k. k. Naturhistorischen Hofmuseums, die Sammlung der k. k. Geologischen Reichsanstalt, die dortselbst aufbewahrte Friese'sche Sammlung, die Sammlungen des Mineralogischen und des Mineralogisch-petrographischen Universitätsinstitutes. Herrn Regierungsrat Prof. F. Berwerth und Herrn Dr. R. Köchlin vom Hofmuseum sowie Herrn Oberbergrat E. Tietze, Direktor der k. k. Geologischen Reichsanstalt und Herrn

An zahlreichen Stücken läßt sich das jüngere Alter der Silbererze gegenüber den kobalt- und nickelhaltigen Kiesen erkennen, so daß es nicht nötig erscheint, einzelne Beispiele hiefür anzuführen.

Schwieriger ist es, bezüglich des Uranerzes zu einer präzisen Altersbestimmung zu kommen.

Die gegenwärtig zugänglichen Baue zeigen nirgends anstehende Silbererze und was an Uranerzen in den jetzt im Aufschluß befindlichen Teilen des Schweizer- und Geisterganges zu beobachten ist, läßt nur an einzelnen Stellen das Altersverhältnis vom Uranerz zu den Kobalterzen[1] erkennen, während zumeist das Uranerz mit seinen Begleitern, Quarz und Dolomit, ganz allein auftritt, wenn wir von dem in größerer oder kleinerer Menge auftretenden Schwefelkies und Kupferkies absehen, die überall vorkommen und teils älter, teils jünger als Uranerz erscheinen.

Im Februar 1904 am II. Wernerlauf am Schweizergange, Südort, gesammelte Erzstufen zeigen die typischen Uranerzkrusten, bedeckt von Dolomit, über einer Breccie aus Stücken des lettig veränderten Nebengesteins, die mit dicken Quarzrinden umhüllt sind. Dem Quarz sind reichlich Schwefelkies und Kupferkies eingesprengt, spärlicher silberweißer Speiskobalt.

Das Vorkommen von Uranerz über »speisigen Erzen« (Speiskobalt, Chloanthit, Nickelin in dichtem Gemenge) ist von verschiedenen älteren Vorkommnissen bekannt.

Über das Verhältnis des Uranerzes zu den jüngeren Silbererzen geben nur einige Stufen Aufschluß, welche teils der Werksammlung zu St. Joachimsthal, teils der Frieseschen Sammlung der k. k. Geologischen Reichanstalt angehören.

Die Stufen der Joachimsthaler Werksammlung stammen vom Hildebrandgang, vom Stollort, 224 *m* unter dem Tagkranz des Einigkeitsschachtes; zwei sind mit den Jahreszahlen 1884 und 1891 bezeichnet. Zwei andere tragen keine Jahreszahl.

Dr. v. Waagen sei für die Erlaubnis zur Benützung der Sammlungen und für freundliche Hilfe bei der Durchsicht bestens gedankt. (F. Becke.)

[1] Oftmals treten diese Kobalterze auch in zersetzter Form als sogenannte »Schwärzen« auf.

Diese Stücke bestehen aus derben, mehrere Zentimeter mächtigen Massen von Uranerz, an denen ab und zu noch das Nebengestein — zersetzter Glimmerschiefer — anhängt. Hie und da erkennt man die traubige Oberfläche des Uranerzes, bedeckt von Dolomit. An einem der Stücke sieht man sehr deutlich, daß nach dem Absatz des Uranerzes der Gang an beiden Salbändern wieder aufgerissen wurde, und in diesen Spalträumen haben sich nun Proustit, Dolomit, Calcit in ganz hübschen Drusen abgesetzt. Außerdem sind die derben Massen des Uranerzes von dünnen Anflügen des lichten Rotgültigerzes durchzogen.

An einer kleinen Stufe, welche im Mineralogischen Institut der Wiener Universität aufbewahrt wird und demselben Vorkommen (Hildebrandgang) entstammt, sieht man auf dem Joachimsthaler Schiefer über einer Rinde von Quarz Krusten mit kleintraubiger Oberfläche von Uranerz aufsitzen, bedeckt von gelblichem, feinkörnigen Dolomit. Der Dolomit umschließt zerstreute Kriställchen von Kupferkies und ein kleines Nest von derbem Proustit. Auch hier kehren die feinen Anflüge von Proustit auf Klüften des Uranerzes wieder.

Eine sehr überzeugende Stufe wird ferner in der Frieseschen Sammlung der k. k. Geologischen Reichsanstalt aufbewahrt. Sie stammt gleichfalls vom Hildebrandgang, trägt die Jahreszahl 1886 und zeigt Uranerz, beiderseits traubig entwickelt, mit nierförmiger Oberfläche und darüber Dolomit mit reichlich eingewachsenem Proustit.

Diese Stufen zeigen unverkennbar an, daß hier die Uranerzbildung dem Absatz des Silbererzes voranging.

Andere Stufen, die Uranerz und eines der Silbererze enthalten, haben wir, trotzdem alle bedeutenderen Wiener Sammlungen (wohl weit über 1000 Stufen) aufmerksam durchgemustert wurden, nicht finden können. Dies ist wohl der beste Beweis, daß sich das Uran mit seinen ständigen Begleitern von den anderen Gangmineralien Joachimsthals fern hält und ein mehr selbständiges Auftreten liebt.

Um so bemerkenswerter ist es, daß außerhalb Joachimsthal, in Přibram, das Uranerz in der gleichen Begleitung eines jüngeren, rötlich gefärbten Dolomites auftritt. Ja, es wiederholt

sich hier sogar ein ähnliches Altersverhältnis zu den übrigen Gangmineralen.

Eine Stufe vom Johannigang, Annaschacht, 13. Lauf, aufbewahrt in der Friese'schen Sammlung, zeigt auf rotem Hornstein feinkörnigen Bleiglanz, darüber schwarzes, nierförmiges, stark glänzendes Uranerz und über diesem rötlichen Dolomit.

Eine Stufe des Mineralogischen Institutes der Wiener Universität zeigt das Uranerz derb, mit rötlichem Dolomit verwachsen und durchzogen von Klüften, auf denen sich Anflüge von Proustit abgesetzt haben.

Die Paragenese ist also zu Přibram, wo das Uranerz nur als Seltenheit vorkommt, ähnlich wie in Joachimsthal: jünger als die vorherrschende Gangfüllung, älter als das Silbererz.

Häufiger kann man beobachten, daß die Silbererze jünger sind als der rote Dolomit, und zahlreiche Stufen des Hofmuseums und der Werksammlung von Joachimsthal bestätigen diese Regel. Da der Dolomit seinerseits, wo er mit Uranerz auftritt, jünger als dieses sich erweist, wird auch durch diese Stufen indirekt das Altersverhältnis — Uran älter, Silber jünger — festgelegt.

Die wichtigsten Uranerzgänge des Joachimsthaler Erzreviers.

Das Vorkommen des Uranerzes ist auf folgenden Erzgängen bekannt, welche durchwegs der Gruppe der Mitternachtgänge angehören; auf den Morgengängen ist Uranerz nie gefunden worden.

Östliche Grubenabteilung.

Mariagang. Führte in der Nähe des Kalklagers Rotgültig- und Uranerze.

Beckengang. Uranerz als Seltenheit mit den Erzen der Kobalt-Silberformation. Die Produktion war unbedeutend.

Hildebrandgang. In den oberen Horizonten fand sich hier Uranerz mit Silbererzen zusammen vor. Vom Stollort (224 *m* unter dem Tagkranz des Einigkeitsschachtes = 516 *m* Seehöhe) stammen die oben beschriebenen Stufen. Ober dem

Stollort und dem ersten Joachimilaufe lieferte er in den Achtzigerjahren Silber, Uran, Wismut und Arsen. Tiefer, bis zum 5. Joachimilauf (347 *m* unter Einigkeit = 393 *m* Seehöhe) wurde auf ihm Uranerz abgebaut. Unterhalb des 5. Joachimilaufes tritt der Gang in das Kalklager ein und lieferte hier kein Uranerz mehr, sondern bloß Wismut, Weißnickelkies, Fahlerz und Buntkupferkies.

Häuerzechergang. Sein Verhalten in den oberen Horizonten ist wenig bekannt; seine Mächtigkeit ist hier gering, sie nimmt in der Tiefe beträchtlich zu; auf den tieferen Horizonten zwischen 8. und 12. Joachimilauf (419 bis 497 *m* unter Einigkeit = 321 bis 243 *m* über Meer) lieferte er reichlich Rotgülden, Kobalt- und Uranerze.

Evangelistengang. Auf diesem Gange sind ausgedehnte Verhaue aus früherer Zeit vorhanden; in späterer Zeit wurde er vornehmlich wegen der dort auftretenden Uranerze abgebaut. Das Hauptvorkommen von Uran fand sich unter dem Danielistollen (= 591 *m* Seehöhe), dann am 2. und 5. Joachimilauf.

Der Rose von Jerichogang ist ein Trum des Evangelistenganges. Von diesem finden sich prachtvolle Stufen von Uranerz mit dem typischen rot gefärbten Dolomit im Naturhistorischen Hofmuseum, die zu Anfang des 19. Jahrhunderts bereits dort vorhanden waren.

Der Evangelistengang war nebst dem Hildebrandgang der Hauptlieferant für Uranerz in der östlichen Grubenabteilung.

Westliche Grubenabteilung.

Schweizergang. Auf diesem schon seit langer Zeit in Abbau stehenden Gange wurde bereits in alter Zeit die schwarze Pechblende gefunden und in den alten Betriebsberichten erwähnt. So wird Uranerz im Jahre 1766 von einem Überhöhen am Danielistollen (= 615 *m* Seehöhe) erwähnt. In den Jahren 1775 bis 1780 lieferte ein Mittelort ober Barbara (d. i. ober 670 *m* Seehöhe) neben Kobalterzen Pechblende.

Der Schweizergang wurde in neuerer Zeit im Tiefbau am I. und II. Wernerlauf aufgeschlossen und zeigte hier auf große Strecken nur Uranerze neben unbedeutenden Mengen von

Speiskobalt und Kiesen (Kupfer- und Eisenkies, 540 bis 580 *m* Seehöhe).

Bergkittlergang. Ist in alter Zeit in den oberen Horizonten und bis zu Tag stark abgebaut worden, doch ist über die Erzführung daselbst nichts bekannt. Im II. Wernerlauf (540 *m* Seehöhe) wurde er ausgerichtet und zeigte dort ausschließlich Uranerz in dolomitischer Füllung.

Hieronymusgang. Auf diesem Gange, und zwar im Niveau des Barbarastollens (Seehöhe 653 *m*) wurde Uranerz mit gediegen Wismut, Speiskobalt, Schwefelkies, Braunspat angetroffen. In größerer Tiefe ist er nicht aufgeschlossen.

Geistergang. Einer der wichtigsten Erzgänge des Reviers, der seit den ältesten Zeiten Gegenstand intensiven Abbaues war. Dies bezeugen die ausgedehnten Halden und Pingen, die auf der Höhe westlich von Joachimsthal seinen Ausbiß bezeichnen. Diese obersten Horizonte sind zur Zeit unzugänglich; daß aber hauptsächlich Silbererze Gegenstand der Gewinnung waren, ist sehr wahrscheinlich. Auch in späterer Zeit erwies sich der Geistergang reich an namhaften Erzanbrüchen. Die letzten reichen Silberfunde in der Mitte des 19. Jahrhunderts wurden auf dem Geistergang erobert; sie lagen am Barbarastollen (Seehöhe zirka 653 *m*). Der Geistergang ist gegenwärtig bis zum III. Wernerlauf (Seehöhe 502 *m*) aufgeschlossen. Die Verteilung der auf ihm abgebauten Erze zeigt nach vorhandenen Abbaukarten und Berichten die Karte. Besser, als es Worte vermöchten, zeigt diese Darstellung, daß das Uranerz in den tieferen Teilen des Ganges mehr und mehr zur Alleinherrschaft kommt, während sich in den höheren Horizonten eine bunte Mineralgesellschaft dem Uranerz zugesellt und es in den obersten Horizonten bis auf Spuren verdrängt. Die Region, in welcher das Uranerz allein als Füllung auftritt, beginnt etwa beim Danielihorizont (Seehöhe zirka 615 *m*). Bis zum Barbarastollen (Seehöhe 655 *m*) kann man eine Übergangszone annehmen, in welcher die sulfidischen Erze sich mit dem Uranerz mengen. Oberhalb des Barbarastollens trat das Uranerz nur in untergeordneten Mengen auf.

Leider ist es nicht gelungen, vom Geistergang Stufen aufzufinden, welche das Altersverhältnis der Silbererze zu den

Uranerzen zu bestimmen erlauben. Daß das Uranerz jünger ist als die »speisigen Erze« Speiskobalt, Weiß- und Rotnickelkies, Wismut, lehrte die Erfahrung (vergl. auch Laube, Geol. des Erzgebirges, 182, Nr. 11).

Einige paragenitische Beobachtungen, welche zur Charakterisierung der Vorkommnisse dieses Ganges dienen können und die an Mineralstufen der Wiener öffentlichen Sammlungen angestellt wurden, mögen hier Raum finden. Sie erweitern einigermaßen das Bild, welches a. a. O. Laube gegeben hat, indem sie zugleich das Wesentliche davon bestätigen.

1. Wismut in Skeletten, eingewachsen in dichten Speiskobalt.

2. Milchweißer Quarz von Speiskobalt und Wismut in Skeletten durchwachsen, unter dem Barbarastollen, Geistergang.

3. Quarz, darüber schwarz angelaufener Millerit.

4. Chloanthit in Gitterkristallen, überrindet von Rotnickelkies, eingewachsen in derben Kupferkies.

5. Speiskobalt in Gitterkristallen, darüber Silber feindrähtig.

6. Rotnickelkies, überrindet von Speiskobalt in Gitterkristallen, darin eingesprengt Wismut; die Lücken ausgefüllt von Brauneisen; Hohlräume darin erfüllt von Drahtsilber. Firstenbau unter dem Barbarastollen. Die Herkunft des Brauneisens in dieser oft beobachteten Paragenese wird durch die folgende Stufe erläutert.

7. Chloanthit in Gitterkristallen, darüber stellenweise Arsen in traubigen Aggregaten; die Lücken ausgefüllt mit dichtem Markasit (Leberkies). In Drusenräumen des stellenweise zersetzten Leberkieses gediegen Silber.

8. Körnige Quarzmasse, luckig, braunschwarz ockerig mit Pyrit durchsetzt; dünne Lage von feinkörniger Zinkblende und von Kupferkies; kristallinischer Quarz mit wenig Kupferkies, geht in Kristallspitzen aus; auf diesen Argentit in Kristallen und Aggregaten.

9. Derber körniger Bleiglanz, darüber faserige Zinkblende mit nierförmiger Oberfläche; über beiden auf korrodierter Oberfläche Argentit.

10. Quarz mit Zinkblende, darüber dichter bis feinkörniger Kupferkies; darüber Kruste von feinkörnigem Bleiglanz; darüber Kalkspat, der in Drusen ausgeht; in diesen sitzen große Kristalle von Stephanit.

Noch eines sonderbaren Erzvorkommens muß Erwähnung gemacht werden, das von allen anderen Joachimsthaler Vorkommen wegen eines Begleitminerals völlig verschieden ist.

Am Geisterhangendtrum, im Firstenbaue ober dem II. Wernerlaufe, in der Nähe des Morgenganges, kam ein schwaches, bloß 1 bis 2 *cm* mächtiges Trümchen vor, das folgende Mineralbildungen erkennen ließ. Die Füllung des Trümchens löst sich durch glatte Absonderungsklüfte vom Nebengestein. Zunächst dem Salbande finden sich auf die Kante gestellte, 3 bis 6 *mm* hohe und bis 1 *mm* starke, schön braune Biotittäfelchen. Sie zeigen alle charakteristischen Eigenschaften des Biotit, sind zweiaxig mit kleinem Axenwinkel, Dispersion $\rho < v$, Axenebene parallel der Symmetrieebene, die β und γ entsprechenden Farbentöne merklich verschieden, γ rotbraun, β grünlichbraun.

Die Endigungen der Glimmertafeln sind von Quarz umhüllt, der graulich, fettglänzend aussieht und mit Pyritkörnern eine unregelmäßige Gangfüllung bildet, ohne daß eine bestimmte Reihenfolge der Kristallisation bei diesen beiden Mineralen angegeben werden könnte. Der Pyrit ist jedoch mehr in der Mitte der kleinen Gangspalte zusammengedrängt, zeigt aber öfter deutliche Kristallform (stark gestreifte Würfel mit sehr kleinen Oktaederflächen), die sich an dem undeutlich körnigen Quarz abformen.

Offene Drusenräume sind nicht vorhanden, dagegen zeigen sich manchmal kleine Partien eines dichten, grünen, chloritischen Minerals in den Zwickeln zwischen den Pyritkörnern.

Diese Füllung weicht von allen in Joachimsthal bekannten Gangfüllungen völlig ab, durch die Beteiligung des Biotits. Alle anderen Absätze der Joachimsthaler Erzgänge sind unter Verhältnissen gebildet, bei denen Biotit sich nicht erhalten kann, sondern vielmehr zerstört wird, wie sich aus der lettigen Zersetzung und der Ausbleichung der Joachimsthaler Glimmerschiefer unzweideutig ergibt.

Man fühlt sich versucht, anzunehmen, daß hier ein sehr altes Stadium der Gangfüllung erhalten geblieben sei, das vielleicht zeitlich der Granitintrusion näher liegt als alle anderen Erzvorkommnisse und das durch irgend einen glücklichen Zufall der späteren Veränderung entgangen ist.

Der Rote Gang ist aus früherer Zeit nur nördlich von der Putzenwacke bekannt gewesen. Zu Anfang des 19. Jahrhunderts lieferte er 40 *m* unter dem Danielistollen hauptsächlich Silbererze in Hornsteinfüllung. Daneben fand sich Uranerz mit reichlichen Mengen von Verwitterungsprodukten. Seine Fortsetzung südlich von der Putzenwacke ist erst in neuerer Zeit, und zwar genau in der Fortsetzung der alten Streichrichtung gefunden worden. Die früher (auch von Vogl, l. c. p. 14) ausgesprochene Vermutung, daß der Rote Gang die um etwa 140 *m* nach Ost durch die Putzenwacke verschobene Fortsetzung des Geisterganges darstelle, ist dadurch endgültig widerlegt. Die Ähnlichkeit der Gangfüllung schien dieser Annahme einige Wahrscheinlichkeit zu verleihen.

Der Fiedlergang ist aus älterer Zeit als Uran führend bekannt. Er ist zur Zeit nur am Barbarahorizont aufgeschlossen; sein Verhalten in größerer Tiefe muß erst geprüft werden.

Der Fludergang lieferte in der Mitte des 19. Jahrhunderts am Barbarastollen und oberhalb desselben reiche Uranerzanbrüche, welche das Material für die Versuche von Patera geliefert haben, die dann zur Erzeugung der Uranfarben in Joachimsthal führten. In den oberen Horizonten war er besonders reich an Veränderungsprodukten des Uranerzes. Bemerkenswert ist das Vorkommen von Flußspat auf diesem sowie auf dem nächsten, am weitesten nach West gegen den Granit vorgeschobenen Gange. Von anderen Erzen beherbergt er noch Chloanthit, seltener Eisen- und Kupferkies. Von zwei Stufen vom Fludergang, die in der Sammlung der k. k. Geologischen Reichsanstalt aufbewahrt werden, zeigt die eine mit der Bezeichnung »Fludergang ober St. Barbara« nierförmiges Uranerz über Kupferkies; über dem Uranerz folgt Dolomit. Eine zweite Stufe zeigt körnigen Flußspat mit jüngerem, erdigen Roteisen und Dolomit.

Der Neuhoffnungsgang ist dem Fludergang in Bezug auf Mineralführung sehr ähnlich, aber auch nur in den Horizonten über Barbara aufgeschlossen.

Uranerz der Gewerkschaft Sächsisch-Edelleutstollen.[1]

Neben den ärarischen Joachimsthaler Gruben ist der Bergbau der Sächsisch-Edelleutstollengewerkschaft (Besitzer J. Schreiber) seit jeher als wichtiger Fundort für Uranerz bekannt. Der Hauptstollen ist im Zeileisengrund, östlich von Joachimsthal in einer Seehöhe von 680 *m* angeschlagen. Die dortigen Baue bewegen sich zum Teile am Zeidler-, zum Teile am Franciscigang und reichen die älteren Baue fast bis zu Tage, 150 bis 200 *m* über dem Edelleutstollen. Hier fanden sich sehr reine Uranerze in bedeutender Mächtigkeit.

Stufen von dort, welche in der gewerkschaftlichen Sammlung aufbewahrt werden, zeigen derbe Massen von Uranerz in einer Mächtigkeit von 15 bis 20 *cm*. Auf denselben Gängen findet sich auch Fluorit, und zwar häufig eine dunkelviolette, beim Anschlagen oder Erwärmen stark brenzlich riechende Art (Stinkfluß). Dieser Flußspat ist deutlich älter als der mitvorkommende gelbliche Dolomit und sitzt direkt auf zersetztem Schiefer von gelblichgrüner Farbe.

Die Uranstufen in der Werksammlung sowie schöne Exemplare im Naturhistorischen Hofmuseum in Wien zeigen große Ähnlichkeit mit dem Vorkommen vom Evangelistengang: Auf dem zersetzten Glimmerschiefer liegt zunächst eine dünne Quarzkruste, hierauf tief rabenschwarzes, lebhaft glänzendes Uranerz, darüber Dolomit von erbsengelber Farbe und grobspätiger Beschaffenheit, der bisweilen durch Oxydation ziegelrote Farbe annimmt. Manche Stufen zeigen einen mehrfachen Wechsel von Uranerz und Dolomit. Die von jüngerem Dolomit bedeckte Oberfläche des Uranerzes zeigt ausgezeichnete nierförmige Gestalten.

---

[1] Bezüglich des Vorkommens von Uranerz im Edelleutstollen sind wir Herrn Direktor Schreiber für freundliche Auskunft zu Dank verpflichtet. (F. Becke.)

Bisweilen findet sich über dem Uranerz Buntkupferkies als deutlich jüngere Bildung.

Das Altersverhältnis von Uranerz und Fluorit läßt sich nicht bestimmen, da sich auf den Erzgängen Uranerz und Fluorit gegenseitig ausschließen.

Auch auf diesem Vorkommen zeigt sich die Erscheinung, daß der Gang zahlreiche Trümmer des Nebengesteins enthält, die in der Karbonatfüllung gleichsam schwimmen und mit Uranerzkrusten überzogen sein können. Ferner zeigen sich auch hier gegen das Liegende des Ganges reichere Krusten, während am Hangendsalband das Uranerz minder mächtig ist oder auch ganz fehlt.

Das Uranerz hält auch unter der Sohle des Edelleutstollens an und es finden sich 60 *m* unter der Sohle Uranerze mit einem beträchtlichen Gehalt an Silber.

In der benachbarten Hilfegotteszeche findet sich das Uranerz mit Wismut, Nickel- und Kobalterzen.

Absetzigkeit der Erzführung. Einfluß des Nebengesteins. Primäre Tiefenunterschiede.

Eine allgemeine Erfahrung, die bei den Joachimsthaler Erzgängen gemacht wurde, ist, daß die reichen Erzvorkommnisse absetzig verteilt sind.

Einige allgemeine Regeln haben sich dabei ergeben.

1. Die Morgengänge sind in der Tiefe erzleer; die Erzführung beschränkt sich ausschließlich auf die Nordgänge.

2. Die Nordgänge zeigen den größten Erzreichtum an saigeren Stellen; bei flachem Falle sind sie erzarm.

3. Wo die Erzgänge im Porphyr aufsetzen, sind sie meist verdrückt, mit lettiger Füllung versehen. Dagegen zeigt sich größerer Reichtum vor und hinter der Durchsetzung im Schiefer.

4. In den milden, weichen, glimmerreichen Schiefern ist die Erzführung reicher als in quarzreichen, harten, kurzklüftigen.

Ein großer Teil dieser Erscheinungen dürfte mechanische Ursachen haben.

Wenn man beobachtet, daß die tauben, flacher fallenden Strecken häufig ganz mit zerriebenem und zersetztem Nebengestein erfüllt, dabei wenig mächtig und oft bis zur Gesteinsscheide verdrückt sind, während in den steil stehenden Teilen der Gänge reiche Mineralschätze, ja offene Drusen sich finden, so liegt folgende mechanische Auffassung sehr nahe:

Ein Erzgang ist eine Trennungsfuge zwischen zwei Gebirgsteilen, von denen, wie immer die Trennung zu stande gekommen sein mag, schließlich das Hangende auf dem Liegenden lastet. Es ist klar, daß der Druck des Hangenden auf den flach fallenden Gangteilen beträchtlicher sein muß als auf den steil stehenden, daß an den ersteren die Zermalmung des Nebengesteins die Spalte bald verstopfen wird, während in den steil stehenden die Bildung offener Räume, in denen sich Mineralabsätze niederschlagen können, leichter möglich sein wird.

In dieselbe Klasse von Erscheinungen gehört es, daß bei den flacher fallenden Erzgängen gegen das Hangende häufig eine Art Breccie aus Stücken des Nebengesteins auftritt, eingebettet in Gangletten, während ins Liegende abgehende Trümer eine reiche Erzführung aufweisen.

Die Verarmung und Verdrückung der Gänge, wo sie Porphyr durchsetzen, und die Anreicherung im Schiefer vor und nach der Durchsetzung läßt sich ebenso rein mechanisch erklären. Die harten Porphyre werden die Stützpunkte für die aufeinander lastenden Gebirgsteile abgeben. Im weichen Schiefer daneben ist mehr Gelegenheit zur Bildung offener Spalträume.

Fraglich ist es, ob alle Unterschiede der Erzführung diese mechanische Erklärung vertragen. Es scheint, daß doch auch chemische Einflüsse vorhanden sind. Der Reichtum der Gänge im Joachimsthaler biotit- und feldspatreichen Schiefer, die Armut im muskovit- und quarzreichen blätterigen Glimmerschiefer sprechen für das Hineinspielen chemischer Wirkungen. Die Erfahrungen der Joachimsthaler Bergbeamten decken sich hier völlig mit den längst bekannten Unterschieden des Erzreichtums, die von den Freiberger Erzgängen schon durch Scheerer und Cotta bekannt gemacht und durch einen die

Erzfällung begünstigenden Einfluß des Biotits im grauen Gneis erläutert wurden.[1]

Nicht durch den Einfluß des Nebengesteins erklärbar sind die auf den jetzt in Abbau und Ausrichtung befindlichen Erzgängen des Joachimsthaler Erzreviers deutlich ausgesprochenen primären Teufenunterschiede.

Es ist bekannt, daß auf die erste Blüteperiode Joachimsthals sehr bald ein Nachlassen der Ergiebigkeit folgte. Silbererze waren es, die diese erste Blüte hervorriefen, und nach den vorhandenen, beglaubigten historischen Nachrichten, nach den Zeugnissen einer intensiven Tätigkeit am Ausgehenden der Gänge, die sich in den ausgedehnten Halden, Pingen und in den Verhauen der oberen Horizonte der Erzgänge kund geben, muß der Reichtum dieser oberen Horizonte ein außerordentlicher gewesen sein.

Daß ein solcher Reichtum an Silber in den späteren Zeiten, im 17. und 18. Jahrhundert, wo vornehmlich die Kobalterze die Fortführung der Baue ermöglichten, nicht mehr vorhanden war, kann keinem Zweifel unterliegen. Diese Anreicherung an Silber in den obersten Horizonten könnte immerhin als ein sekundäres Phänomen aufgefaßt werden.

Dagegen ist das allmähliche Ausbleiben nicht nur der jüngeren Silbererze, sondern auch der älteren Kobalt- und Nickelerze in den tieferen Horizonten der Nordgänge im westlichen Grubenrevier von Joachimsthal eine sicher erwiesene Tatsache.

Am Schweizergang und am Geistergang finden sich etwa vom Danielistollen abwärts keine abbauwürdigen Mengen von Silber-, Kobalt- und Nickelerzen, sondern ausschließlich das Uranerz mit seiner ständigen Begleitung von älterem Quarz und jüngerem, meist rötlich gefärbtem Dolomit.

Die Aufstellung eines tiefgelegenen Uranniveaus in diesen Grubenteilen entspricht den beobachteten Tatsachen.

Sie wird gestützt durch die Beobachtung, daß in den einem wesentlich höheren Niveau angehörigen Erzgängen von

[1] Scheerer, Die Gneise des sächsischen Erzgebirges. Zeitschr. D. Geol. Ges., XIV, 1862, p. 62.

Abertham, nordwestlich von St. Joachimsthal, Uran nicht bekannt ist und ebensowenig in den östlich und nordöstlich gelegenen Gängen der Schönerz- und Reichgeschiebzeche bei Gottesgab je Uran gefunden wurde. Auch diese gehören einem wesentlich höheren Niveau an.

Dieses Uranniveau in der östlichen Grubenabteilung wiederzufinden, gelingt nicht, da diese Baue gegenwärtig nicht zugänglich sind und die Erzführung dort in den tieferen Niveaus durch das Auftreten des Kalkes (Geyerischer Kalkstrich) überhaupt einen anderen Charakter erhielt. Dort wurden in wesentlich tieferen Niveaus, als in der Westgrube bis jetzt erreicht sind, reiche Ausbrüche von Silbererzen, namentlich Proustit angetroffen, während das Uranerz, wie es scheint, den Kalk flieht.

Dagegen fallen die reichen Uranerze des Edelleutstollens, neben denen aber auch noch gelegentlich Silbererze auftreten, in dasselbe Niveau wie die Übergangszone im Geister- und Schweizergang.

Was die Bildungsweise des Uranerzes in den Erzgängen von Joachimsthal anlangt, so kann man aus der Ausbildung in deutlichen Krusten über Quarz, aus der Art der Oberfläche, die durchaus an die Oberfläche von Sinterbildungen erinnert, aus dem gesetzmäßigen Mitvorkommen von Dolomit, endlich aus der Art der Zersetzungserscheinungen im Nebengestein auf Bildung aus wässerigen Lösungen schließen.

Das Mitvorkommen von Quarz und Karbonaten macht es nicht unwahrscheinlich, daß es Lösungen in kohlensäurehaltigen Wässern waren, die den Absatz vermittelten, und die Chloritisierung des Biotits im Nebengestein stützt diese Annahme ebenso wie der Umstand, daß das Uran in der Tat in kohlensäurehältigem Wasser merklich löslich ist.

Die Herkunft des Uranerzes hat man wohl in der Tiefe zu suchen und der Umstand, daß das Uranerz von allen Erzen der Joachimsthaler Gänge im Westrevier am tiefsten hinabreicht, ist dieser Annahme offenbar günstig. Trägt man die bekannten Uranerzfundpunkte in eine Karte ein, so tritt die Abhängigkeit von der Intrusivmasse der westerzgebirgischen Granitstöcke sehr deutlich hervor, und mit vollem Rechte wird

man die Meinung vertreten können, daß durch diese Intrusionen zeitweilig eine Verbindung zwischen Teilen der Lithosphäre und sehr tief gelegenen Partien des Erdinnern hergestellt wurde, welche die Herbeifuhr solcher Elemente mit hohem Atomgewicht ermöglichte.

Radiographische Versuche mit dem Uranpecherz von Joachimsthal.

In der Grube von Joachimsthal lassen sich leicht Versuche anstellen, welche die Wirkung des Uranpecherzes auf fluoreszierende Körper und auf die photographische Platte beweisen.

Ein Schirm von Calciumsulfid, bei gelöschtem Grubenlicht auf eine Stufe von Uranerz gelegt, leuchtet nach einigen Minuten in deutlichem Lichte, ja man kann sogar das Szintillieren wahrnehmen.

Stücke von Uranerz, im Dunkeln der Grube auf eine mit lichtdichtem Papier belegte photographische Platte gelegt, zeigen eine deutliche Schwärzung. Es macht keinen merklichen Unterschied, ob man das Uranerz frisch gebrochen verwendet oder es vor dem Versuch längere Zeit der Einwirkung der Sonnenstrahlen aussetzt.

Die Wirkung ist auch die gleiche, wenn Uranerz verwendet wird, auf das überhaupt noch keine Einwirkung von Lichtstrahlen stattgefunden hat.

Zu diesem Zwecke wurden in einer lichtdicht abgeschlossenen Strecke des Bergwerkes im Finstern große Stücke von Uranerz zerschlagen und eine in schwarzes Papier gehüllte photographische Platte der Einwirkung der frisch entstandenen Bruchflächen ausgesetzt. Es entstanden deutliche Schattenbilder von zwischengeschobenen Bleifiguren. Der Versuch wurde unter gleichen Umständen wiederholt, nachdem die Stücke längere Zeit der Einwirkung des Grubenlichtes ausgesetzt waren, und ein drittes Mal, nachdem dieselben Stücke im Fenster des Schachtgebäudes durch acht Tage im Sonnenlicht gelegen waren.

Alle drei Platten wurden in gleicher Weise entwickelt und die entstandenen Schattenbilder zeigten keine merklichen Unterschiede der Intensität.

Die von Prof. Sueß im Akademischen Anzeiger vom 3. März 1904 mitgeteilten Versuche zeigen ferner, daß die Wirkung des Joachimsthaler Uranerzes durch jahrhundertlange Aufbewahrung in der Sammlung keine merkliche Abschwächung in seiner Wirkung auf die Leitfähigkeit der Luft und auf die photographische Platte erfahren hat.

Sehr hübsche Bilder erhält man von Erzstufen, wenn glatte Schliffflächen im Dunkeln direkt auf die lichtempfindliche Schichte gelegt und die Platten entwickelt werden.

Auf diese Art sind die Figuren 1 bis 4 auf Taf. III entstanden.

Man kann sich so überzeugen, daß eine merkliche Wirkung nur vom Uranerz ausgeht und die Begleitminerale, Quarz, Dolomit, Nebengestein, nicht die Spur einer Wirkung zeigen, und man erhält ein getreues Bild der Verteilung des Uranerzes auf der Platte.

Die insbesondere in Fig. 1*a* stellenweise wie ein zarter Randschleier an den Adern hervortretende Schattierung ist Folge von der schrägen Lage der betreffenden Uranerzpartie in der Erzplatte, derzufolge sie auf der Schnittfläche von einer keilförmigen Dolomitschichte bedeckt ist. Durch den Dolomitkeil vermag die Uranstrahlung in rasch abnehmender Intensität noch durchzuwirken.

Interessant sind noch die auf derselben Tafel, Fig. 4, wahrnehmbaren Intensitätsunterschiede der aufeinander folgenden Lagen von Uranerz. Wenn ein Schluß aus der Intensität der Schwärzung auf den Radiumgehalt erlaubt ist, so müßte man aus der in mehreren Fällen nach außen zunehmenden Intensität schließen, daß der größte Radiumgehalt in den letzten Uranerzausscheidungen konzentriert sei. Es würde sich also hier das Radium gerade umgekehrt verhalten wie bei der fraktionierten Kristallisation mit Chlorbaryum.

Tafelerklärung.

Karte.

Grund- und Aufriß des Geisterganges. Zeichenerklärung
Man beachte das Herrschen des Urans in den tieferen Bau
Abschneiden der Erzgänge an der Putzenwacke, die Spaltenfor

Tafel I.

Grundriß am Danielistollen, zeigt das Verhalten der Porp
Tuff- und Basaltgänge. Man beachte die kleine Verschiebung de
ganges durch den Kühgang, das Durchsetzen des Roten Ganges
Porphyr, wobei er sich zertrümert. Die Putzenwacke, ein Basa
schneidet die Porphyrgänge und Erzgänge ab, der Basaltgang setzt a
Gang durch alle geradlinig hindurch.

Tafel II.

Zeigt das Verhalten von Porphyr, Schweizergang und Basalt am D
stollen und am II. Wernerlauf. Man beachte die Schleppung des Erz
am Porphyr und das komplizierte Netzwerk des Basaltganges, der sich
mit dem Erzgang schleppt, ihn teils durchsetzt, teils sich an ihm auskeil

Tafel III.

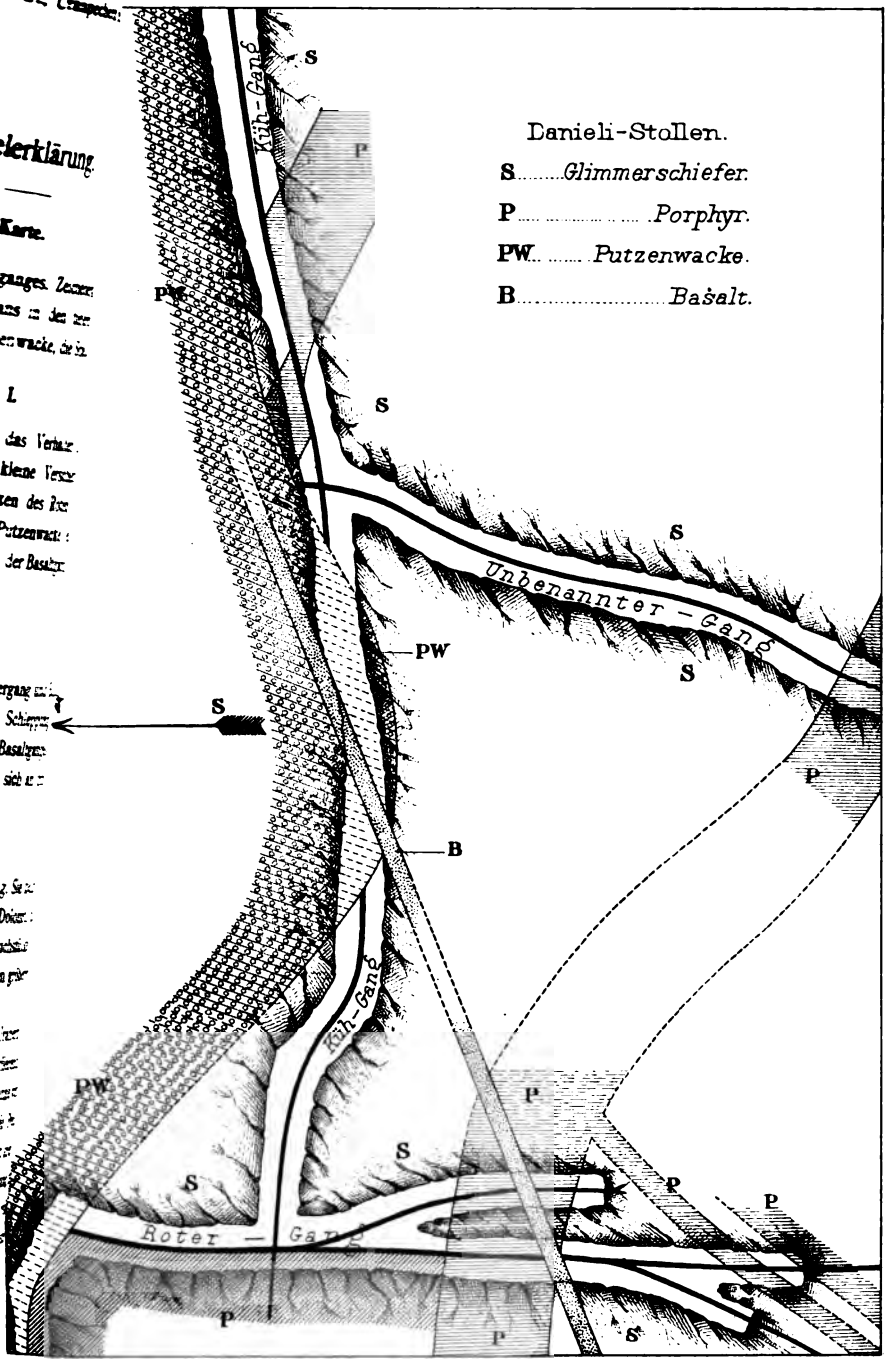
Fig. 1 *a*. Radiogramm.

Fig. 1 *b*. Lichtbild einer Gangstufe vom Hildebrandgang. Sie zeigt die nor
Paragenese des Uranerzes: Quarz, Uranerz, Dolomit, die Bre
bildung, die Umrandung der Nebengesteinsbruchstücke teils
Quarz und Uranerz, teils durch Uranerz allein, den größeren
an Erzkrusten gegen das Liegende des Ganges.

Fig. 2. Quarz-Uranerz-Dolomit vom Hildebrandgang. Uranerz in
traubigen Formen sich im Dolomit gleichsam verlierend; jede
kleinen Kugeln außen stärker aktiv als innen. Das ganze von K
durchsetzt, welche Anflüge von Proustit tragen. Die Proust
hat auch eine Schwärzung der Platte erzeugt; dieses ist aber nur
Folge, daß die Platte beim Schleifen nach der Ader zersprang und
Kanadabalsam gekittet wurde. Terpentin reduziert das Chlorsilber.

Fig. 3. Radiogramm einer Stufe vom Schweizergang. Mehrfache Krusten
Uranerz.

Fig. 4. Durchschnitt einer beiderseits traubigen Uranerzniere. Radiogramm
In der Mitte eine dünne Quarzkruste, die beiderseits auftretende
Uranerzlage außen stärker radioaktiv.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Tafelerklärung.

Karte.

Grund- und Aufriß des Geisterganges. Zeichenerklärung auf der Tafel. Man beachte das Herrschen des Urans in den tieferen Bauen, ferner das Abschneiden der Erzgänge an der Putzenwacke, die Spaltenform der letzteren.

Tafel I.

Grundriß am Danielistollen, zeigt das Verhalten der Porphyr-, Erz-, Tuff- und Basaltgänge. Man beachte die kleine Verschiebung des Porphyrganges durch den Kühgang, das Durchsetzen des Roten Ganges durch den Porphyr, wobei er sich zertrümert. Die Putzenwacke, ein Basalttuffgang, schneidet die Porphyrgänge und Erzgänge ab, der Basaltgang setzt als jüngster Gang durch alle geradlinig hindurch.

Tafel II.

Zeigt das Verhalten von Porphyr, Schweizergang und Basalt am Danielistollen und am II. Wernerlauf. Man beachte die Schleppung des Erzganges am Porphyr und das komplizierte Netzwerk des Basaltganges, der sich teils mit dem Erzgang schleppt, ihn teils durchsetzt, teils sich an ihm auskeilt.

Tafel III.

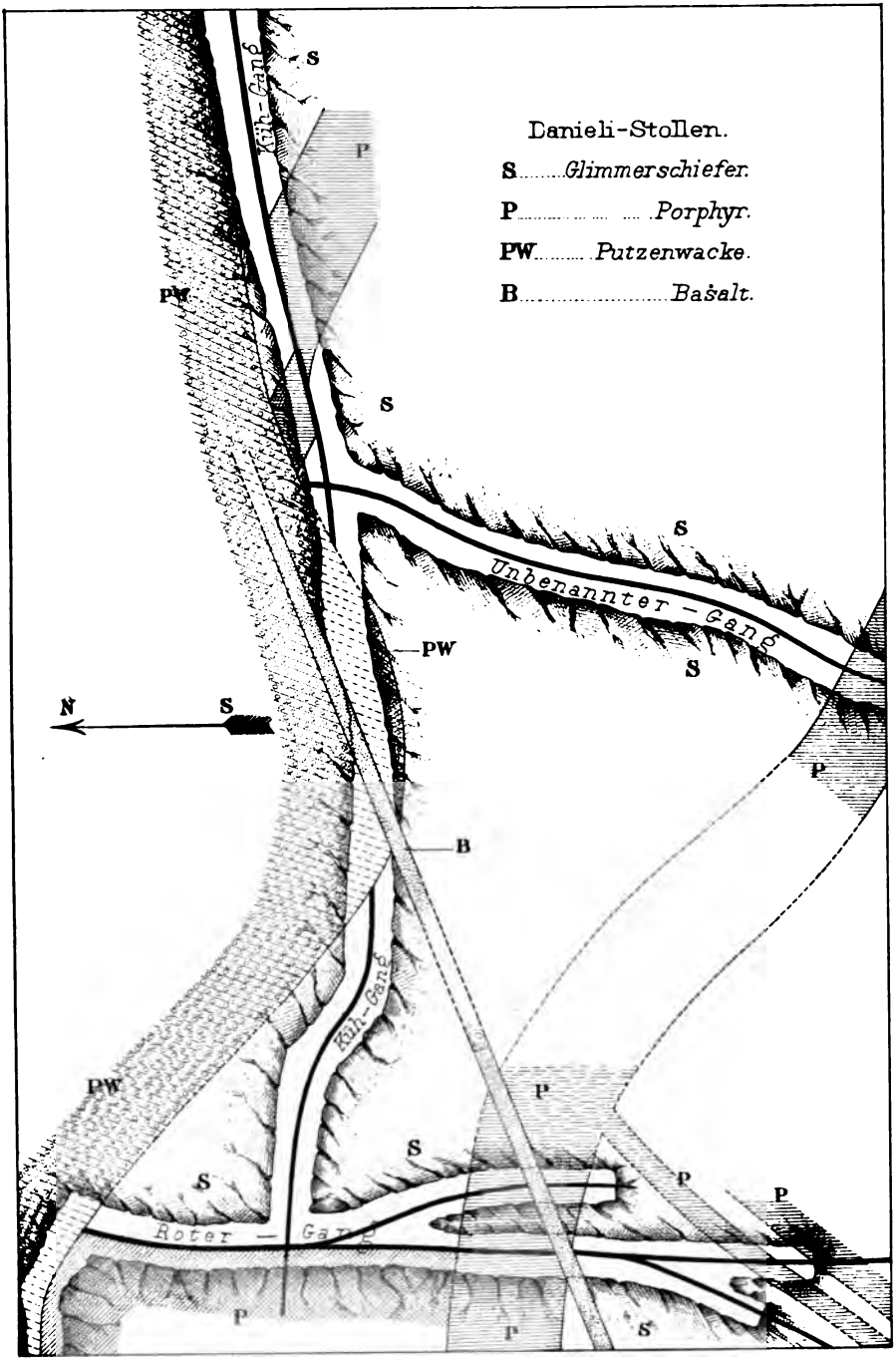
Fig. 1 *a*. Radiogramm.

Fig. 1 *b*. Lichtbild einer Gangstufe vom Hildebrandgang. Sie zeigt die normale Paragenese des Uranerzes: Quarz, Uranerz, Dolomit, die Breccienbildung, die Umrandung der Nebengesteinsbruchstücke teils durch Quarz und Uranerz, teils durch Uranerz allein, den größeren Reichtum an Erzkrusten gegen das Liegende des Ganges.

Fig. 2. Quarz-Uranerz-Dolomit vom Hildebrandgang. Uranerz in kleintraubigen Formen sich im Dolomit gleichsam verlierend; jede der kleinen Kugeln außen stärker aktiv als innen. Das ganze von Klüften durchsetzt, welche Anflüge von Proustit tragen. Die Proustitader hat auch eine Schwärzung der Platte erzeugt; dieses ist aber nur die Folge, daß die Platte beim Schleifen nach der Ader zersprang und mit Kanadabalsam gekittet wurde. Terpentin reduziert das Chlorsilber.

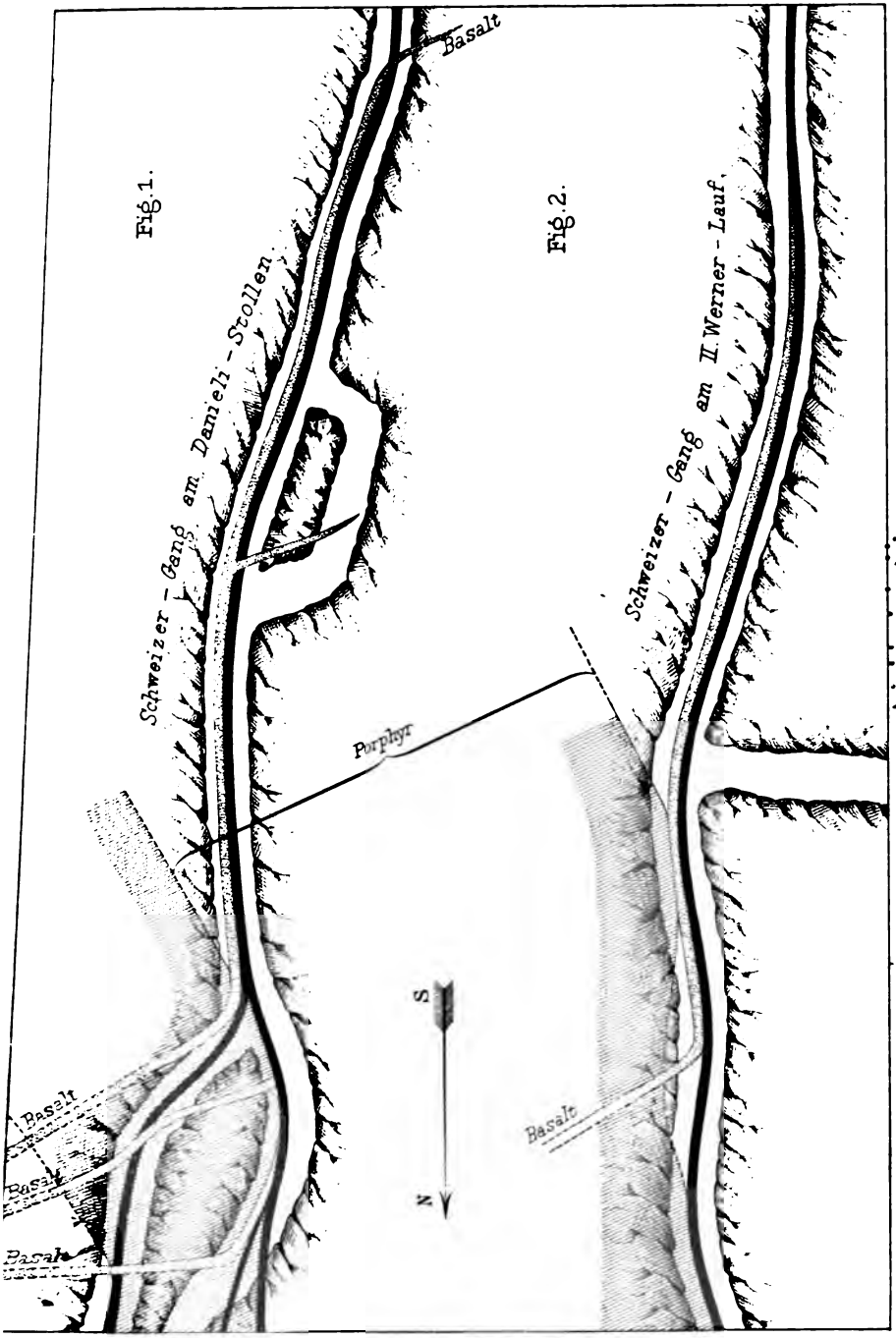
Fig. 3. Radiogramm einer Stufe vom Schweizergang. Mehrfache Krusten von Uranerz.

Fig. 4. Durchschnitt einer beiderseits traubigen Uranerzniere. Radiogramm. In der Mitte eine dünne Quarzkruste, die beiderseits auftretende Uranerzlage außen stärker radioaktiv.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

STANFORD LIBRARY

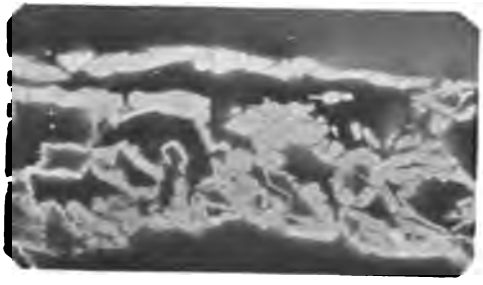


Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Document Delivered by Virginia Tech Libraries

1 a

4



3

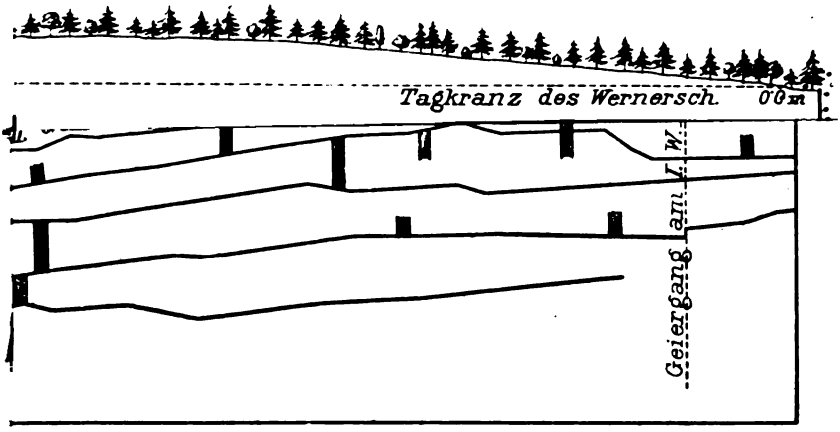
gative 1a, 2—4 vom Mineral. Univ.-Institut, von Hugo Hinterberger.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Digitized by Google

:STLICHEN GRUBE ZU ST. JOACHIMSTHAL.

)erichten.



Ag, Co, Pb, Bi, Ni - *Silber, - Kobalt, Blei, - Wismut, - Nickel - Erz.*

uren. **Ag_s, Pb_s** - *Silber, - Bleierz - Spuren.*

200 m

M.

Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Blüten

von

Leopold Ritter v. **Portheim.**

(Biologische Versuchsanstalt in Wien.)

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 1 Textfigur und 3 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 10. November 1904.)

Bei manchen Pflanzen wird, nach den Untersuchungen von Sachs[1] und de Vries,[2] das Nicken der Blüten durch das Gewicht derselben hervorgerufen. Nach Frank[3] soll diese Krümmung bei vielen, vielleicht bei allen Blütenstielen durch positiven Geotropismus zustande kommen. Vöchting,[4] welcher für einige Pflanzen, wie z. B. *Galanthus nivalis, Helleborus* die Last der Blüten als Ursache der Abwärtskrümmung des Blütenstieles anerkennt, vertritt betreffs der Blütenstellung von *Viola odorata, Aquilegia vulgaris, Polygonatum multiflorum* die Ansicht, daß positiver Geotropismus die Ursache der Krümmung sei.

Wiesner[5] unterscheidet bei den durch das Blütengewicht hervorgerufenen Krümmungen zwischen toter und vitaler Last-

[1] Sachs J., Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. 1865, p. 93.

[2] Vries de H., Über einige Ursachen der Richtung bilateralsymmetrischer Pflanzenteile. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. I. Bd., 1874, H. 2, 1872, p. 229.

[3] Frank A. B., Beiträge zur Pflanzenphysiologie. I. Über die durch die Schwerkraft verursachten Bewegungen von Pflanzenteilen. 1868, p. 53, 86, 87.

[4] Vöchting H., Die Bewegungen der Blüten und Früchte. Bonn, 1882.

[5] Wiesner J., Studien über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane. Sitzungsberichte der kais. Akad. der Wissensch. in Wien. Mathem.-naturw. Klasse, Bd. CXI, 1902, Abt. I.

krümmung. Die Erstere äußert sich in der Weise, daß das durch die mechanische Wirkung der Last gekrümmte Organ in der so gegebenen Lage verbleibt, während bei der vitalen Lastkrümmung der Pflanzenteil auf die in der genannten Weise zustande gekommene Krümmung in bestimmter, wenn auch bei verschiedenen Organen in verschiedener Weise reagiert. Wiesner meint, daß man da, wo eine Last einen Pflanzenteil krümmt, nicht von Geotropismus sprechen könne, da letzterer stets unabhängig von einer Lastwirkung zur Geltung kommt. Hingegen hat Wiesner stets sorgfältig auf die etwaige Mitwirkung spontaner Nutationen Rücksicht genommen. Auf vitaler Lastkrümmung beruht nach Wiesner das Nicken der Blüten von *Forsythia viridissima, Symphytum tuberosum* und *Convallaria majalis.*

Fitting[1] ist in einem Referat über Wiesner's Untersuchungen der Ansicht, daß die Versuche, welche zu obigem Befunde führten, nicht einwandfrei seien; er spricht die Meinung aus, die Krümmung des Blütenstieles bei *Convallaria majalis* könne, sowie bei dem von Vöchting untersuchten *Polygonatum multiflorum* durch positiven Geotropismus verursacht sein.

Um mir Klarheit über diese Frage zu verschaffen, habe ich die Versuche Wiesner's mit Maiglöckchen wiederholt. Ich habe absichtlich Wiesner's Versuchspflanze verwendet und keine andere Pflanze aus der Verwandtschaft von *Convallaria*, da sich ja auch nahe verwandte Pflanzen bezüglich der Ursache des Nickens der Blüten nicht immer gleich verhalten müssen. Bei *Polygonatum multiflorum* konnte ich leider, da die Pflanzen zur Zeit der Inangriffnahme der Versuche schon sehr entwickelt waren, zu keinem klaren Resultat gelangen und werde ich die Beobachtungen im nächsten Frühjahr fortsetzen.

Convallaria majalis L.

Die Versuche wurden im Dunkeln und im Licht ausgeführt. Es wurden auch Pflanzen auf Klinostaten rotieren gelassen,

[1] Fitting H., Referat über Wiesner J.: Studien über den Einfluß der Schwerkraft auf die Richtung der Pflanzenorgane. Botanische Zeitung, 1903, Nr. 19, p. 279.

wodurch je nach der Lage der Drehungsachse und des Objektes Heliotropismus beziehungsweise Geotropismus ausgeschaltet wurde. Die Versuchsergebnisse waren in voller Übereinstimmung mit den von Wiesner erzielten Resultaten.

Infloreszenzachsen von *Cavallaria majalis* wurden im Licht und im Dunkeln horizontal gestellt. Die Blüten mit noch wachstumsfähigen Stielen nickten stets nach abwärts; es war gleichgültig, ob sich die Blüten auf der Ober- oder Unterseite befanden oder seitlich der Hauptachse inseriert waren.

Blütenachsen wurden invers, im Dunkeln ruhend oder im Licht um eine vertikale Achse rotierend, aufgestellt. In beiden Fällen waren die Blüten nach unten gerichtet, die Stiele meist gerade.

Da Fitting im Gegensatze zu Wiesner dieses Herabhängen der Blüten auf positiven Geotropismus zurückführen zu können glaubt, war es zur Entscheidung dieser Frage notwendig, eine Methode ausfindig zu machen, durch welche eine Unterscheidung der durch Geotropismus hervorgerufenen Wirkung von der durch das Gewicht des Pflanzenorganes verursachten ermöglicht wird. Als geeignet hiezu erwies sich die Verminderung des Blütengewichtes durch Kastration.

Zur Zeit des Aufbrechens der Knospen wurden die Staubgefäße und der Fruchtknoten vorsichtig mittelst Scalpels und Pinzette entfernt. Zur Kontrolle und um dem Einwande zu begegnen, daß der durch den operativen Eingriff verursachte Wundreiz das Resultat beeinflusse, wurde bei einigen Pflanzen bloß das Perigon von den Blüten entfernt, bei anderen durch zwei Einschnitte mit dem Scalpel, wobei die Blütenblätter und der Fruchtknoten getroffen wurden, die Blüten verletzt. Die Versuchspflanzen befanden sich im Dunkeln in aufrechter, ruhender Lage.

Bei den Pflanzen mit durch Zerschneiden verletzten Blüten und bei denen, wo die Blütenblätter abgelöst worden waren, nutierten die Blüten, doch war die Krümmung oft nicht so intensiv wie bei den Kontrollpflanzen. Es ist dies vielleicht darauf zurückzuführen, daß bei der Verletzung durch die hiebei unvermeidliche Beseitigung von Blütenteilen und durch das Vertrocknen des Fruchtknotens das Gewicht der Blüte etwas

verringert wurde. Fruchtknoten und Staubgefäße, welche des Schutzes der Perigonblätter entbehren, vertrocknen sehr schnell und scheinen sich auch im feuchten Raume nicht gut zu halten, so daß das Versuchsresultat hier nicht immer gleichmäßig ausfallen konnte.

Blüten, bei denen man den Fruchtknoten und die Staubgefäße entfernt hatte, standen meist aufrecht, ihre Stiele waren nicht gekrümmt. In den Fällen, in denen eine ganz schwache Krümmung unterhalb der Blüte zu beobachten war, ist dieselbe wohl durch das Gewicht der Blütenhülle verursacht.

Auf Tafel I (Fig. 1 bis 3) sind im Dunkeln, in aufrechter Lage gezogene *Convallaria majalis* abgebildet. Die Blüten der normalen Pflanze nicken alle (Fig. 1), die Stiele der drei obersten zerschnittenen Blüten des zweiten Blütenstandes (Fig. 2) sind auch gekrümmt, hingegen sind die Stiele der vier obersten kastrierten Blüten der dritten Infloreszenz (Fig. 3) gerade.

Zur Kontrolle dieser Resultate diente folgender Versuch: Die Blütentrauben von drei *Convallaria*-Pflanzen, deren Blütenstiele alle mehr oder minder gekrümmt waren, wurden invers aufgestellt, wodurch eine verschieden starke Krümmung der Stiele, bei manchen Geradstreckung erzielt wurde. Nun wurden die Blüten in der oben beschriebenen Weise behandelt und wieder in die umgekehrte Lage gebracht.

Die Blüten der normalen Pflanzen hingen alle herab, ebenso die der Pflanzen, bei denen eine Verletzung durch Zerschneiden stattgefunden hatte (Tafel I, Fig. 4). Anders verhielten sich die Blüten, aus denen Fruchtknoten und Staubgefäße entfernt worden waren; sie behielten die Lage, welche sie vor der Operation eingenommen hatten, bei. (Tafel I, Fig. 5.)

Da also weder bei diesem Versuche, noch bei den früheren Versuchen eine Abwärtskrümmung des Stieles der kastrierten Blüten zu beobachten war, was bei Betätigung von positivem Geotropismus hätte eintreten müssen, so ist der Schluß berechtigt, daß das Nicken der Blüten von *Convallaria majalis* nur auf die Wirkung der Blütenlast, hauptsächlich auf das Gewicht der Geschlechtsorgane zurückzuführen ist.

Im Nachfolgenden teile ich die Resultate mit, welche ich bei meinen Untersuchungen über die Stellung der Blüten bei *Lilium candidum* erzielt habe.

Lilium candidum L.

Die langen Blütenstiele von *Lilium candidum* schließen mit der Blütenstandsachse einen spitzen Winkel ein. Die Stiele der jungen Knospen sind erst gerade, krümmen sich dann, indem die Unterseite konvex wird und weisen später eine Konvexkrümmung der Oberseite auf. Inzwischen öffnen sich die Blüten; der Stiel ist nun größtenteils gerade, nur hie und da ist eine schwache Krümmung an demselben zu beobachten; unterhalb der Blüte ist er aber scharf nach außen eingebogen, wodurch die Blüte in eine horizontale oder schräg nach abwärts gerichtete Lage, welche bis zur Befruchtung festgehalten wird, gelangt. Während sich der Blütenstiel früher immer mehr von der Infloreszenzachse entfernt hatte, nähert er sich derselben nach der Befruchtung wieder; die Unterseite des Stieles zeigt nun ein stärkeres Wachstum und die Früchte erscheinen schließlich vertikal gestellt.

Zu den Versuchen wurden Topfpflanzen und abgeschnittene Blütenstände verwendet. Letztere wurden in mit Wasser oder mit feuchtem Sand gefüllten Gefäßen gezogen und hielten sich sehr gut, manchmal kam es an denselben zur Fruchtbildung. Die Krümmungserscheinungen waren aber hier nicht immer so deutlich zu sehen wie bei den ganzen Pflanzen.

Die Knospen-, Blüten- und Fruchtstiele von Pflanzen, welche bei einseitig einfallendem Licht um eine horizontale Achse in horizontaler Lage rotierten, zeigten Krümmungen, welche auf Grund der Versuchsanstellung nur als durch Epinastie hervorgerufen angesehen werden können. Die Bewegungen der Stiele, welche eine Konvexkrümmung der Unterseite derselben bei den normal kultivierten Pflanzen zur Folge hatten, waren hier nicht zu sehen; sie kamen durch negativen Geotropismus zustande, was bei den invers orientierten Blütenstandsachsen auch deutlich zu Tage trat.

Töpfe mit *Lilium candidum* wurden im Licht ruhend, invers aufgestellt. Der Blütenschaft war stark negativ geotropisch und

mußte, um ein Aufwärtskrümmen zu verhindern, an einem Stabe befestigt werden. Zuerst krümmten sich die ältesten Stiele, denen die jüngeren in akropetaler Richtung folgten, aufwärts. Oft wurde die Vertikale erreicht, manchmal trat durch Epinastie verstärkt eine Krümmung über die Vertikale auf. Mit dem Größerwerden der Blüten wurde der Stiel gesenkt; unter der Blüte krümmte sich derselbe scharf nach außen, wodurch die Blüte in dieselbe Lage, welche sie bei den aufrecht stehenden Pflanzen einnahm, gebracht wurde.

Auf einem Klinostaten umgekehrt angebrachte Pflanzen, welche um eine vertikale Achse gedreht wurden, zeigten dieselbe Erscheinung.

Die Frage nach der Ursache dieser letzterwähnten Krümmung, durch welche die Blüten stets in eine bestimmte Lage gebracht wurden, in der sie bis nach der Befruchtung verharrten, war nicht in der gleichen Weise wie bei *Convallaria majalis* zu lösen. Versuche, welche mit abgeschnittenen Blütenstandsachsen im Dunkeln angestellt wurden, wobei einige derselben mit unverletzten, einige mit zerschnittenen, andere mit kastrierten oder der Blumenblätter beraubten Blüten kultiviert wurden, ergaben alle eine Krümmung der Stiele, da wohl in allen Fällen das Gewicht der einzelnen Blütenteile ziemlich beträchtlich war. Zu einem Resultate führte erst der Vergleich der Lichtpflanzen mit Pflanzen, welche im Dunkeln ruhend oder im Licht am Klinostaten gezogen wurden.

Topfpflanzen rotierten am Klinostaten in der Weise, daß eine einseitige, heliotropische oder geotropische Einwirkung ausgeschaltet war. Auf Tafel II ist eine solche Lilie abgebildet.

Der Stiel der untersten Knospe war, wenn dieselbe während des Rotierens nach unten zu liegen kam, stark gekrümmt und schloß mit der Infloreszenzachse einen spitzen Winkel ein. (Tafel II, Fig. 6.) Wurde die Pflanze um 180° gedreht, wodurch sich die beobachtete Knospe nun oben befand, so war der Stiel nicht mehr so stark gekrümmt wie bei der früheren Lage, der Winkel mit der Hauptachse war schärfer. (Tafel II, Fig. 7.) Die stärkere Krümmung im ersten Falle kann nur durch das Gewicht der Knospe zustande gekommen sein.

Im Dunkeln wiesen die Stiele der invers aufgestellten Infloreszenzen meist nur eine ganz schwache Krümmung auf, manchmal krümmten sie sich wohl aufwärts, kamen aber schließlich nur in eine schräge Lage. Die Biegung unter der Blüte war entweder gar nicht vorhanden, oder nur schwach angedeutet. Bei horizontal gelegten Lilien krümmten sich die Stiele zuerst negativ geotropisch, senkten sich aber dann und die Knospen, respektive Blüten nickten nach abwärts. Wurden die Knospen oder Blüten von dem herabhängenden Stiele abgeschnitten, so richtete sich derselbe wieder auf. (Fig. 8.)

Im Dunkeln war bei den aufrecht stehenden Pflanzen von *Lilium candidum* der Winkel, den die Blütenstiele mit der Hauptachse bildeten, nicht so spitz, wie bei den Pflanzen im Licht. Die Stiele waren stark gekrümmt. Diese Krümmung wurde, wenn man die horizontal oder aufrecht stehenden Infloreszenzen in eine Lage brachte, in der die konkave Seite nach oben gerichtet war, alsbald beinahe aufgehoben oder ging wenigstens stark zurück. Die Krümmung unter den Blüten war bei den normal stehenden Lilien nur schwach, manchmal überhaupt nicht zu sehen. Wurde bei diesen Pflanzen dem gekrümmten Blütenstiele die Blüte abgenommen, so richtete sich derselbe auf.

Bei den Dunkelpflanzen, deren Blütenstiele länger und schwächer als die der Lichtpflanzen waren, zeigte es sich deutlich, daß der Stiel durch die Last der Knospe oder Blüte gekrümmt wird. Die Krümmung unter der Blüte war bei den im Dunkeln gezogenen Pflanzen, deren Blütenstiele biegungsfähiger waren als die der im Licht kultivierten Lilien, nur schwach oder gar nicht zu beobachten. Die Wirkung des Blütengewichtes äußerte sich hier nicht, wie bei den Pflanzen im Licht, in der Biegung an einer bestimmten Stelle, sondern kam in der Krümmung des ganzen Stieles zur Geltung.

Ob die Aufrichtung der Fruchtstiele durch negativen Geotropismus allein verursacht wird, oder ob auch noch andere Kräfte dabei beteiligt sind, wurde nicht näher geprüft.

Die Lage der Blüten von *Lilium candidum* kommt durch Epinastie, negativen Geotropismus und vitale Lastkrümmung zustande.

Herr Hofrat Wiesner hat mannigfache Versuche angestellt, um zu prüfen, inwieweit Epinastie bei der Richtung der Blüten beteiligt sei. Einige Beobachtungen sind bereits ver-

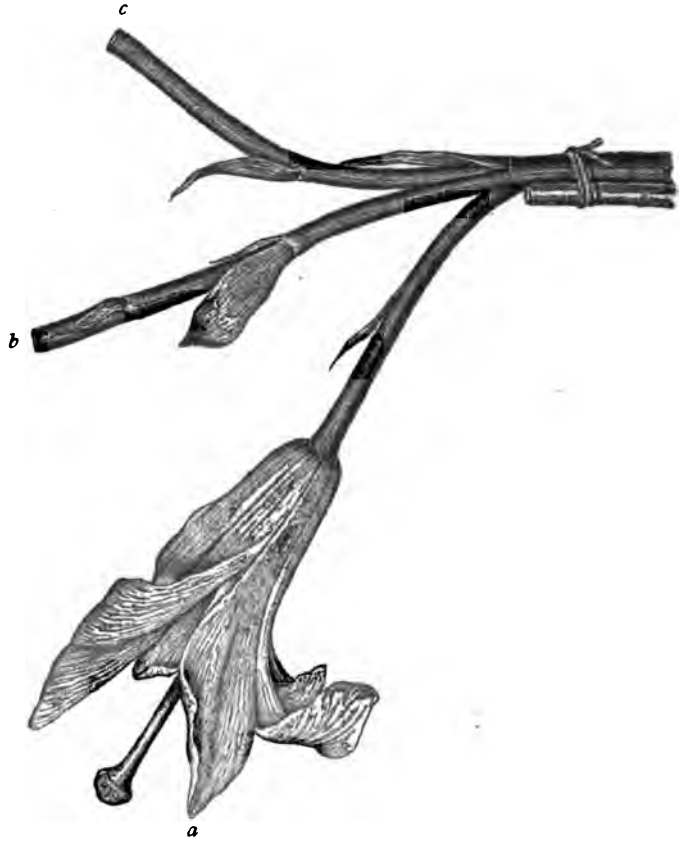


Fig. 8. Alle drei Stiele waren nach abwärts gerichtet.

a) Die Blüte hängt herab;
b) die Blüte wurde abgeschnitten, der Stiel richtet sich auf;
c) die Knospe wurde abgeschnitten, der Stiel ist nach aufwärts gekrümmt.

öffentlicht.[1] Andere noch nicht veröffentlichte, auf ***Erica hiemalis*** Hort. bezügliche Daten und Abbildungen hat mir Herr Hofrat Wiesner freundlichst zur Verfügung gestellt.

[1] Wiesner, J., l. c.

Ich bringe dieselben im Anschluß an meine obigen Mitteilungen vor. Diese Beobachtungen sind deshalb von besonderem Interesse, weil sie lehren, daß ein Nicken der Blüten auch unabhängig von äußeren Richtkräften zustande kommen kann.

Erica hiemalis Hort.

Die Versuche wurden im Jänner und Februar dieses Jahres im Gewächshause des pflanzenphysiologischen Institutes unternommen.

Die Pflanzen rotierten aufrecht am Klinostaten um eine vertikale Achse. Die Blütensprosse bildeten vor der Knospenentfaltung, in welchem Stadium sie eine Länge von 0·5 bis 1 *cm* erreichten, mit der Hauptachse einen Winkel von 10 bis 20°, während die obersten und untersten blütenlosen Sprosse weniger abstehend waren. Die blütentragenden Sprosse sind stets relativ stark gekrümmt, während die Sprosse, welche keine Blüten besitzen, nicht oder nur schwach gekrümmt sind.

Die Last der großen Corolle hat auf die Richtung der Blüten keinen oder nur einen geringen Einfluß, wie die Versuche mit aufrecht oder umgekehrt aufgestellten und horizontal orientierten Sprossen lehrten.

Ein Stock der Versuchspflanze wurde in horizontaler Lage ruhend aufgestellt. In diesem Falle zeigten die Blütensprosse der Oberseite dieselbe Krümmung wie die der Unterseite.

Es geht aus diesen Untersuchungen hervor, daß die blütentragenden Sprosse von *Erica hiemalis* während der Blütenentfaltung in erster Linie epinastisch sind und Lastwirkung nicht oder nur in untergeordnetem Maße erweislich ist.

Aus den photographischen Abbildungen (Tafel III, Fig. 9, 10, 11) ist das Verhalten der Blütensprosse von *Erica hiemalis* bei aufrechter, inverser und horizontaler Lage der Zweige zu ersehen.

Zusammenfassung.

1. Das Nicken der Blüten von *Convallaria majalis* kommt durch die Blütenlast zustande, beruht also nicht auf positivem Geotropismus.

2. Die Lage der Blüten von *Lilium candidum* wird durch Epinastie, negativen Geotropismus und vitale Lastkrümmung bestimmt.

3. Die Blüten tragenden Sprosse von *Erica hiemalis* sind, nach Wiesner's Untersuchungen, während der Blütenentfaltung epinastisch. Die Last der Blüten hat auf die Richtung derselben keinen oder nur einen geringen Einfluß.

Die dieser Abhandlung beigegebenen photographischen Abbildungen wurden von Herrn Assistenten Dr. Alois Jenčič, dem ich hiefür bestens danke, aufgenommen.

Figurenerklärung.

Tafel I.

Im Dunkeln in aufrechter Lage gezogene *Convallaria majalis*.

Fig. 1. Normale Pflanze: Alle Blüten nicken.

Fig. 2. Die drei obersten Blüten zerschnitten: Die Stiele dieser Blüten sind gekrümmt.

Fig. 3. Die vier obersten Blüten kastriert: Die Stiele sind gerade.

Im Dunkeln in inverser Lage gezogene *Convallaria majalis*.

Fig 4. Die jüngste Blüte unverletzt, die vier nächsten zerschnitten, die sechste Blüte unverletzt: Alle Blüten hängen herab.

Fig. 5. Die drei jüngsten Blüten kastriert, eine Blüte unverletzt: Die jüngste Blüte hängt herab, der Stiel der zweiten ist schräg gestellt, der Stiel der dritten ist gekrümmt. Die unverletzte Blüte herabhängend.

Tafel II.

Lilium candidum in horizontaler Lage um eine horizontale Achse rotierend.

Fig. 6. Der Stiel der untersten Knospe ist stark gekrümmt und schließt mit der Infloreszenzachse einen spitzen Winkel ein.

Fig. 7. Die Pflanze wurde um 180° gedreht, die beobachtete Knospe befindet sich nun oben. Der Stiel ist nicht so stark gekrümmt, wie bei Fig. 6, der Winkel mit der Hauptachse ist schärfer.

Tafel III.

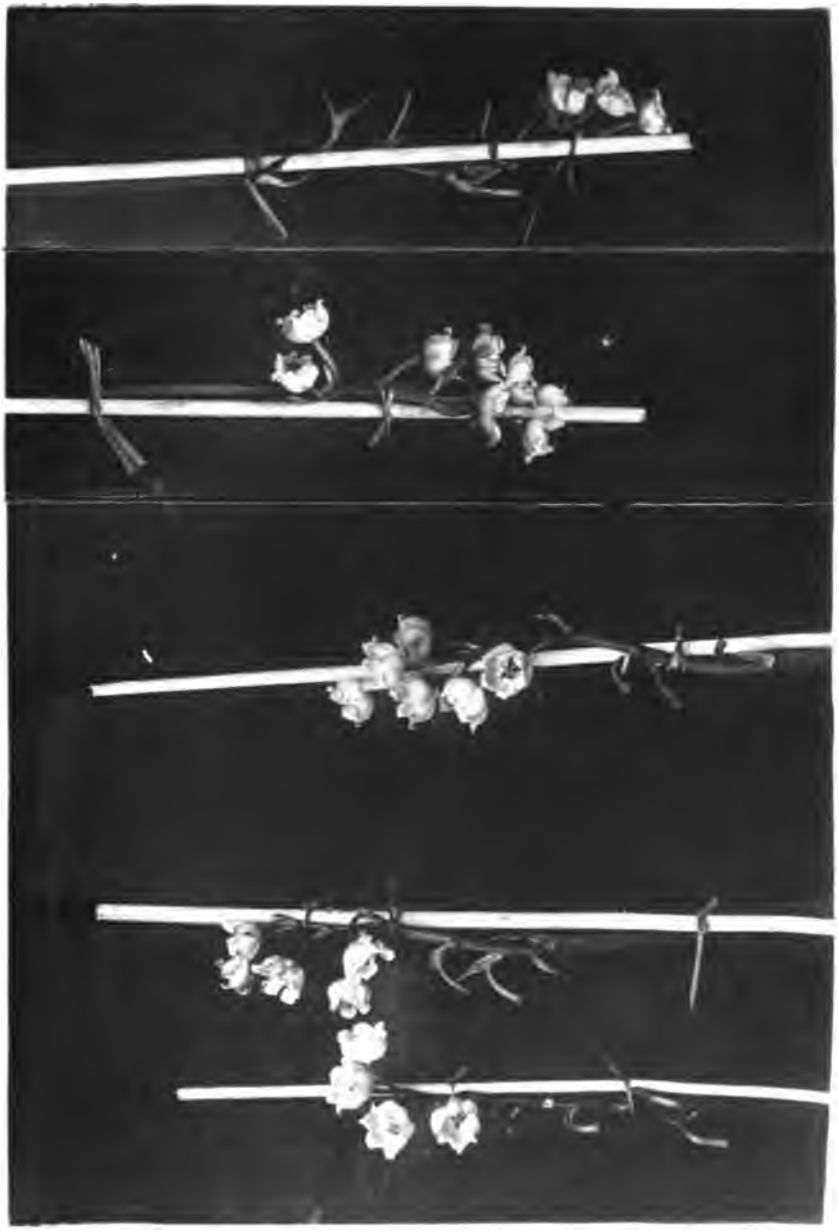
Erica hiemalis.

Fig. 9. Umgekehrt aufgestellte Pflanze.

Fig. 10. In aufrechter Stellung kultivierte Pflanze.

Fig. 11. Horizontal orientierter Sproß.

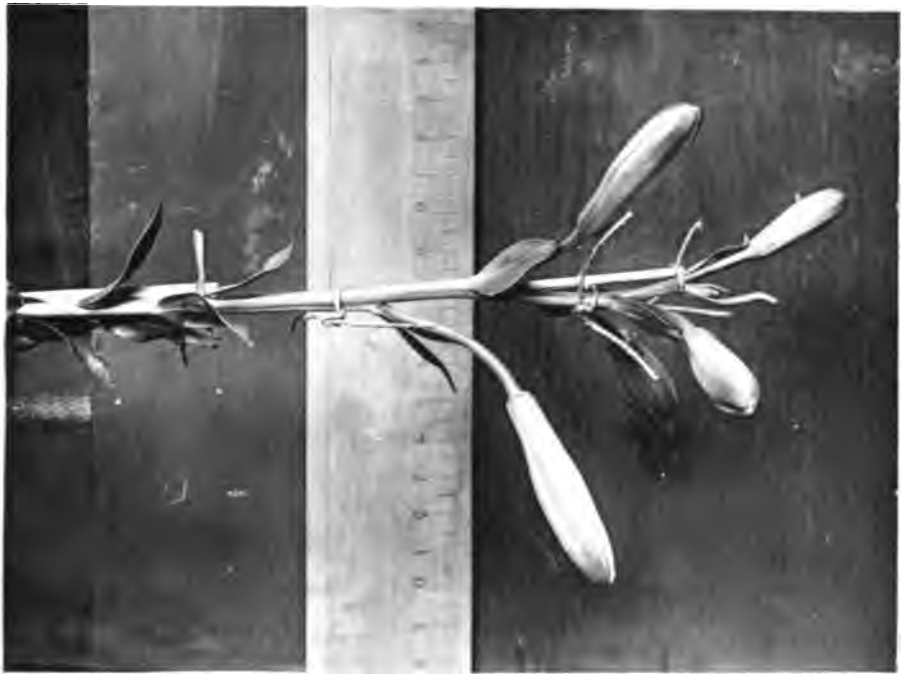
In allen Fällen ist die epinastische Krümmung ersichtlich.



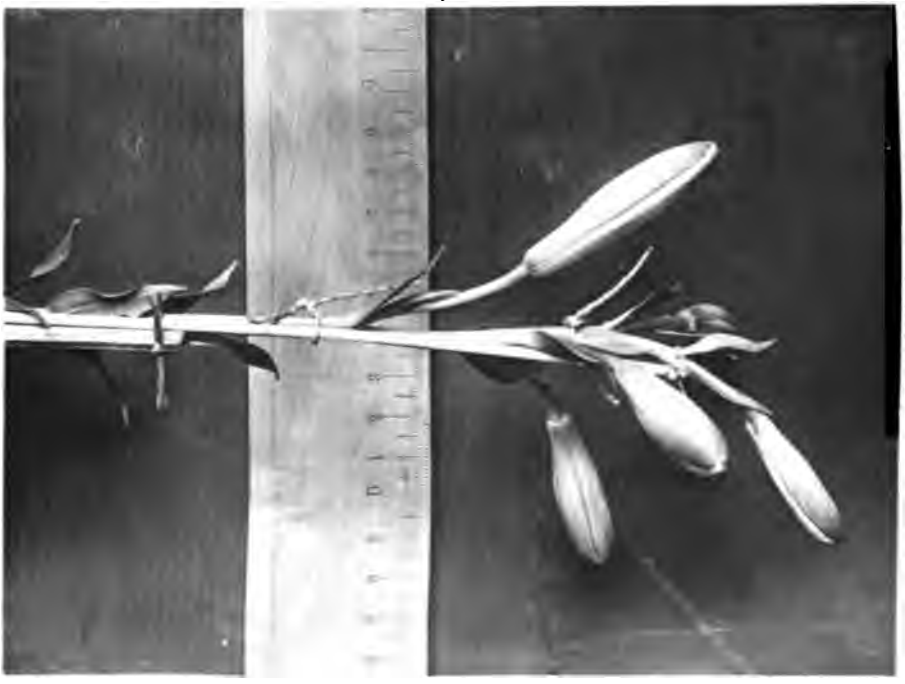
Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXIII. Abt. I., 1904.

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

6



7



9 10

11

Lichtdruck v. Max Jaffé, Wien.

Copyright

Über einen Fund von Sivatherium giganteum bei Adrianopel

von

O. Abel.

(Mit 1 Tafel und 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 9. Juni 1904.)

Herr Dr. F. X. Schaffer hatte auf seiner letzten Reise in der europäischen Türkei Gelegenheit, bei Adrianopel eine Anzahl Säugetierreste aus den jungtertiären oder quartären Sand- und Schotterablagerungen des dortigen Gebietes zu erhalten. Als mir Herr Dr. Schaffer diese Funde zeigte, fiel mir sofort ein Knochenfragment auf, welches bei oberflächlicher Betrachtung wohl als Iliumfragment eines größeren Huftieres gedeutet werden konnte, sich von einem solchen aber durch das Vorhandensein großer blasenförmiger Höhlungen am verdickten Ende sowie durch sehr tiefe, verzweigte Eindrücke von Blutgefäßen an der Oberfläche unterschied. Diese Merkmale bestimmten mich, dieses Knochenfragment für das hintere Horn eines *Sivatherium* zu deuten. Da jedoch von anderer Seite die Vermutung geäußert wurde, daß es sich um ein Beckenfragment handle, während eine dritte Meinung dahin ging, daß ein Geweihfragment des Riesenhirsches vorliege, so beschloß ich, mich im British Museum of Natural History durch eine Untersuchung der dortigen reichen Schätze von Camelopardaliden davon zu überzeugen, ob meine ursprüngliche Vermutung gerechtfertigt war. Herr Dr. C. Forsyth-Major hatte die große Liebenswürdigkeit, in der prächtigen Sammlung fossiler Säugetiere des Britischen Museums mein Führer zu sein; die Betrachtung der Schädelzapfen von *Sivatherium giganteum* aus den Siwalik Hills verschaffte mir die Gewißheit, daß es sich

bei dem Reste aus den Sand- und Schotterbildungen von Adrianopel tatsächlich nur um den hinteren Schädelzapfen eines sivatheriumartigen Säugetieres, handeln könne und zwar ergab ein näherer Vergleich, daß das Fragment von Adrianopel in Form und Größe so sehr mit dem hinteren Horn des *Sivatherium giganteum* Falc. et Cautley übereinstimmt, daß ich kein Bedenken trage, das in Rede stehende Fragment dieser Art zuzuweisen, welche bisher nur aus den subhimalayischen Siwalikbildungen bekannt war.

Herr Prof. E. Sueß vertraute mir nach meiner Rückkehr den fraglichen Rest zur näheren Untersuchung an. Ich erlaube mir, hiefür sowie für die weitere Förderung meiner Studien Herrn Prof. Sueß meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Daß es sich bei dem vorliegenden Reste keinesfalls um ein Beckenfragment eines größeren Säugetieres handeln kann, ergibt sich zunächst aus dem Vorhandensein eines großen, glattwandigen, stellenweise blasenförmig aufgetriebenen Hohlraumes am verdickten Ende des Knochens, welcher gegen das Innere desselben mit kegelförmiger Spitze endigt. Würde das vorliegende Stück als ein Beckenfragment zu deuten sein, so müßte das verdickte Ende der distalen Partie des Ilium oberhalb der Acetabularregion entsprechen; in dieser Region treten aber, soweit mir bekannt ist und wie mir zwei so vorzügliche Säugetierkenner wie M. Schlosser und H. Pohlig bestätigen, niemals glattwandige Hohlräume auf. Würde die im Inneren des Hüftbeines befindliche Spongiosa auf irgend eine Weise entfernt worden sein, so könnte doch die Grenze gegen die Substantia compacta nicht vollkommen glattwandig und glänzend erscheinen und auch das Vorhandensein von mehreren quergestellten Leisten, welche blasige Abschnitte begrenzen, bliebe unerklärt. Schon dieses Merkmal genügt also, um die Deutung des vorliegenden Knochens als Beckenfragment auszuschließen; dazu kommt noch das Vorhandensein der oben erwähnten, sehr tiefen, reich verzweigten Gefäßrinnen auf der Oberfläche des Knochens, welche demselben ein geweihartiges Aussehen verleihen, jeden Gedanken an ein Hüftbeinfragment aber vollständig abweisen.

Eben diese reich verzweigten, tiefen Gefäßeindrücke gaben andrerseits die Veranlassung zu der Deutung dieses Restes als Geweihfragment eines großen Cerviden. In der Tat besitzt die Oberfläche des Fragmentes ein solches Aussehen und erinnert namentlich in der allgemeinen Form an die basale Partie eines Elchgeweihs; dennoch muß auch diese Deutung als falsch bezeichnet werden, da in der basalen Partie des Geweihs von *Cervus alces* keine Hohlräume vorhanden sind und da das vorliegende Fragment an der Basis viel stärker verbreitert ist, als dies jemals bei einem Elchgeweih vorzukommen pflegt.

Es sind nun schon vor langer Zeit aus den unterpliozänen Siwalikbildungen Indiens Säugetiere bekannt geworden, deren Schädel mit mächtigen, in ihrer Gesamtform an das Geweih von *Cervus alces* erinnernden Zapfen besetzt ist. Diese Hörner enthalten jedoch an ihrer Basis Hohlräume, wie die Hörner der Cavicornier und vereinigen somit Merkmale der Cervicornier und Cavicornier.

Dieses Säugetier wurde von W. E. Baker [1] zuerst als »the fossil Elk of the Himalaya« beschrieben. Dieser Mitteilung, welche im September 1835 erschien, folgte bereits im Oktober desselben Jahres eine Mitteilung von P. T. Cautley über dasselbe Tier, in welcher der Name *Sivatherium* aufgestellt wurde.[2] Im nächsten Jahre veröffentlichten H. Falconer und P. T. Cautley [3] ihre Abhandlung über »*Sivatherium giganteum*, a new Fossil Ruminant Genus, from the Valley of the Murkunda, in the Sewalik Branch of the Sub-Himalayan Mountains«. Im Jahre 1837 folgte eine von Abbildungen begleitete Notiz von Colonel Colvin;[4] 1839 bildete J. F. Royle [5] den von Falconer

[1] W. E. Baker, On the Fossil Elk of Himalaya. Journ. Asiat. Soc. Bengal., Calcutta, Sept. 1835, Vol. IV, p. 506.

[2] P. T. Cautley, Journ. Asiat. Soc. Bengal., ibid. p. 585.

[3] H. Falconer and P. T. Cautley, *Sivatherium giganteum*, a new Fossil Ruminant Genus, from the Valley of Murkunda, in the Sewalik Branch of the Subhimalayan Mountains. Asiatic Researches, Vol. XIX, 1836, p. 1.

[4] E. Colvin, Additional Fragments of the Sivatherium. Journ. Asiat. Soc. Bengal., Vol. VI, 1837, p. 152.

[5] J. F. Royle, Illustrations of the Botany and other Branches of the Natural History of the Himalayan Mountains. London, 1839, Vol. II, pl. VI.

und Cautley beschriebenen Schädel noch einmal ab. Schädelreste von *Sivatherium giganteum* finden sich weiters in den späteren Arbeiten von Falconer und Cautley,[1] Murchison[2] und Murie[3] abgebildet.

Aus diesen Darstellungen geht hervor, daß *Sivatherium giganteum* zwei Paar Schädelzapfen besaß; die vorderen Stirnzapfen sind bedeutend kleiner und schwächer als die hinteren Scheitelzapfen und erheben sich als kegelförmige Zacken auf den Stirnbeinen oberhalb der Augenhöhlen. Das hintere Zapfenpaar erhebt sich auf breiter, gerundeter Basis und erweitert sich nach oben zu einer breiten, gedrehten Schaufel.[4]

Das Britische Museum bewahrt eine Anzahl von hinteren Schädelzapfen des *Sivatherium giganteum* und Abgüsse derselben; es sind dies die folgenden Objekte:

Nr. M. 1336. Gipsabguß des Originalschädels Nr. 15283, der Type von Falconer und Cautley; am Originale fehlen die hinteren Schädelzapfen, welche an dem Gipsabguß[5] ergänzt sind. Die Stellung der hinteren Schädelzapfen ist eine andere als in der rekonstruierten Figur bei Falconer und Cautley (Palaeontological Memoirs and Notes. Vol. I. Fauna antiqua Sivalensis, London 1868, pl. XXI, fig. 4).

Nr. 15283*a*. Gipsabguß eines Schädels aus der Gegend von Náhan (Siwalik Hills) im Museum von Edinburgh; umfaßt den hinteren Schädelabschnitt und die Basen der hinteren

---

[1] H. Falconer and P. T. Cautley, Fauna Antiqua Sivalensis, pls. XCI, XCII und pl. *A* (unveröffentlicht).

[2] Ch. Murchison, Palaeontological Memoirs and Notes of the late H. Falconer, Vol. I, Fauna Antiqua Sivalensis, London, 1868, p. 247 bis 279 (by H. Falconer and P. T. Cautley), pl. 19—21.

[3] J. Murie, On the systematic Position of the Sivatherium giganteum of Falconer and Cautley. Geolog. Magaz., 1871, Vol. VIII, p. 438, pl. XII, XIII.

[4] C. J. Forsyth-Major sagt über die hinteren Schädelzapfen von *Sivatherium giganteum*: »The posterior antler-like pair of horns, according to my view, evidently arises from the parietals.« (On the Fossil Remains of Species of the Family Giraffidae. P. Z. S. London, 1891, p. 322.)

[5] Durch die große Liebenswürdigkeit des Herrn A. Smith-Woodward bin ich in die Lage versetzt, in der Textfigur 1 die Vorderansicht dieses rekonstruierten Schädels nach einer im British Mus. of Nat. Hist. angefertigten

Schädelzapfen. (Original von Colonel Colvin, Journ. Asiat. Soc. Bengal., 1837, Vol. VI, pl. 8; Royle, Botany of the Himalaya Mountains, London, 1839, Vol. II, pl. 6, Fig. 1 *c*; Falconer and Cautley, Fauna antiqua Sivalensis (unveröffentlicht), pl. *A*, Fig. 2: Falconer and Cautley, Palaeontological Memoirs, Vol. I, London 1868, pl. XXI, Fig. 2).

Nr. 39525. Ein fast vollständiger hinterer Schädelzapfen; die hinteren Zapfen des Schädels Nr. M. 1336 sind nach diesem Rest ergänzt. Abbildungen dieses Schädelzapfens finden sich bei Falconer und Cautley in der »Fauna antiqua Sivalensis«, pl. *A*, Fig. 4 (unveröffentlicht) und in den von Murchison edierten Palaeontological Memoirs, Vol. I, Fauna antiqua Sivalensis von H. Falconer, London, 1868, pl. XXI, Fig. 3.

Nr. 39524. Fragment eines hinteren Schädelzapfens. Abgebildet bei Falconer und Cautley (l. c., pl. *A*, Fig. 5).

Nr. 39524 *a*. Fragment eines sehr großen hinteren Schädelzapfens mit tiefen Gefäßfurchen.

Nr. M. 1513. Fragment eines großen hinteren Schädelzapfens.

Da es wünschenswert war, den Rest von Adrianopel namentlich mit dem Schädelzapfen Nr. 39525 näher zu vergleichen, so wendete ich mich nach meiner Rückkehr von London an Herrn Dr. Max Schlosser, welcher mir den im Münchener Museum befindlichen Abguß des erwähnten Schädelzapfens mit größter Bereitwilligkeit zur Verfügung stellte.

Kurze Zeit danach übersandte mir Herr A. Smith-Woodward einen zweiten Gipsabguß desselben Schädelzapfens, an welchem das obere abgebrochene Ende ergänzt ist; während jedoch an dem von Herrn M. Schlosser eingesendeten Abguß die Höhlung an der Basis zu beobachten ist, ist dieselbe bei dem zweiten Abguß verstrichen. Ich erlaube mir, auch an dieser Stelle für die Übersendung der Abgüsse beiden Herren meinen wärmsten Dank zu sagen.

Photographie mitteilen zu können. Ich spreche den Herren A. Smith-Woodward und R. Lydekker für ihr außerordentliches Entgegenkommen meinen wärmsten Dank aus.

Der im Münchener Museum befindliche Gipsabguß stellt ohne Zweifel das Original Falconer's dar, wie aus der allgemeinen Gestalt und den Umrissen sowie der Lage der Bruchflächen hervorgeht. Die Falconer'sche Abbildung (Palaeontological Memoirs, Vol. I, pl. XXI, fig. 3) gibt aber eine ganz falsche Vorstellung dieses Restes, weil der Zeichner kein Spiegelbild des Originals auf die lithographische Platte entworfen zu haben scheint und daher die Abbildung selbst ein Spiegelbild des Originals darstellt.

Nun bezeichnet außer Falconer[1] auch Lydekker[2] dieses Horn ausdrücklich als das linksseitige. Lydekker hat eine neue Rekonstruktion des Sivatheriumschädels versucht, die A. S. Woodward in seine »Outlines of Vertebrate Palaeontology« aufgenommen hat;[3] nach dieser Rekonstruktion wendet der Scheitelzapfen so wie auf der Darstellung Falconer's und Murie's den einen kurzen Zacken nach oben, aber die breite Schaufelfläche nicht nach außen, sondern nach hinten, während die Vorderfläche des Scheitelzapfens von dem starken, gerundeten Längswulst gebildet wird, welcher sich den ganzen Schädelzapfen von der Basis bis zur Spitze entlang zieht. (Fig. 1.)

Leider ist bis jetzt kein Sivatheriumschädel entdeckt worden, an welchem die Zapfen noch am Schädeldach erhalten sind, sondern die bisher vorliegenden Schädeldächer tragen nur die Basen der Hörner, während die letzteren stets isoliert angetroffen worden sind.

Es ist aus diesem Grunde nicht leicht zu entscheiden, ob der von Falconer abgebildete Schädelzapfen der rechten oder linken Schädelhälfte angehört und die endgiltige Entscheidung dieser Frage muß bis zur Entdeckung vollständigerer Reste verschoben werden.

---

[1] H. Falconer, Palaeontological Memoirs and Notes, edited by Ch. Murchison, Vol. I, Fauna Antiqua Sivalensis, London, 1868, pl. XXI, fig. 4 (with the antlers restored), p. 268.

[2] R. Lydekker, Catalogue of Fossil Mammalia in the British Museum (Nat. Hist.), part. II, London 1885, p. 60.

[3] A. Smith-Woodward, Outlines of Vertebrate Palaeontology for Students of Zoology. Cambridge, 1898, p. 371, fig. 210.

Wenn wir jedoch schon jetzt einen Versuch wagen wollen, den vorliegenden Scheitelzapfen zu orientieren, so müssen wir seinen Bau etwas eingehender betrachten. (Vergl. Fig. 1 und 2.)

Der Scheitelzapfen entspringt mit einer ovalen Basis, deren Länge 187 und deren Breite 130 *mm* beträgt. Von hier aus erhebt sich der Knochen in Form eines schraubenförmigen Gewindes nach oben und außen. Die Dicke des Knochens ist an der ovalen Basis nicht überall gleich; an dem einen Ende des Ovals ist der Knochen 45 *mm*, an dem gegenüberliegenden aber nur 32 *mm* dick.

Der Knochen ist an seinem unteren Ende hohl; soweit der Gipsabguß erkennen läßt, ist ein Teil der Höhlung noch mit Gestein ausgefüllt, so daß die wirkliche Tiefe derselben nicht ermittelt werden kann.

Von jener Seite der Basis, wo der Knochen die Dicke von 45 *mm* erreicht, erhebt sich 135 *mm* oberhalb des unteren Bruchrandes ein schräg abstehender Fortsatz in ähnlicher Weise wie der Trochanter tertius eines Rhinozerotidenfemur. Die Basis dieses schaufelartigen Knochenlappens bildet ein langgestrecktes, sehr schmales Oval von etwa 150 *mm* Länge und 40 *mm* Breite; die Höhe dieses ganzen Fortsatzes beträgt etwa 107 *mm*. Er ist am Ende halbkreisförmig abgerundet und, nachdem er sich früher etwas verjüngt hatte, wieder bis auf 35 *mm* verdickt. Nach oben und unten verläuft dieser Zapfen in den übrigen Knochen, ohne eine besonders ausgesprochene Kante zu bilden.

Von der Spitze dieses Fortsatzes aus verlaufen auf der einen Flachseite zur Basis hinab sehr zahlreiche, tiefe, fast parallele Furchen, welche ohne Zweifel die Eindrücke von Blutgefäßen darstellen. Auf der anderen Flachseite sind gleichfalls derartige Eindrücke vorhanden, aber sie besitzen hier einen mehr unregelmäßigen Verlauf, sind nicht so tief und kreuzen sich wiederholt.

Auf jener Seite nun, auf welcher die Blutgefäßeindrücke tiefer sind und parallel verlaufen, erhebt sich der Knochen zu einem stark komprimierten Kamm, welcher sich den ganzen Knochen von der Basis bis zum oberen Bruchende entlang zieht und an dem anderen Ende des von der Knochenbasis

gebildeten Ovals endigt; er liegt also mit seiner Ursprungstelle zwar auf derselben Seite des ganzen Knochens, ist aber doch von dem früher besprochenen seitlichen Zapfen ziemlich weit entfernt. (Fig. 2.)

Dieser Kamm steigt von der Basis aus etwa 130 *mm* weit steil nach oben, biegt sich aber an dieser Stelle ab, erhebt sich

Fig. 1.

Sivatherium giganteum Falc. et Cautl.

(Photographie des Gipsabgusses eines Schädels aus den Siwalik Hills [Nr. 15283 des Katal. der foss. Säugetiere des Brit. Mus. in London], Gipsabguß Nr. M. 1336; der Schädel ist abgebildet bei Falconer, Palaeont. Memoirs, Vol. I, Pl. XIX—XX. Die hinteren Schädelzapfen sind nach dem Fragmente Nr. 39525 des Brit. Mus. ergänzt und derart gedreht, daß der dicke, konkav gekrümmte Wulst auf die Vorderseite zu liegen kommt. Mitgeteilt von Herrn A. Smith-Woodward.)

Zirka $^1/_{12}$ der natürlichen Größe.

sodann relativ unbedeutend und verläuft als flache, schraubenförmig gewundene Platte bis zum oberen Bruchende. Die Stärke dieses Kammes ist an seinem Rande von der Basis bis in die Nähe des oberen Endes nahezu dieselbe und beträgt durchschnittlich 13 *mm*.

Beide steil abfallenden Flächen dieses Kammes sind von sehr tiefen, zu dem Kammrande parallelen Gefäßeindrücken durchzogen. Gegen die Basis werden sie tiefer und zahlreicher.

Auf jener Fläche des Kammes, welche allmählich in den früher besprochenen seitlichen Zapfen übergeht, ziehen sich drei sehr tiefe und breite Furchen den Knochen entlang; sie

Fig. 2.

Sivatherium giganteum Falc. et Cautl.

(Neue Rekonstruktion des in Fig. 1 abgebildeten Schädels; die Schädelzapfen sind so gedreht, daß der in Fig. 1 an der Vorderseite erscheinende dicke Wulst nach hinten, der Kamm dagegen nach vorne und außen und der kurze Zacken nach unten und außen zu liegen kommt.)

Zirka $^1/_{12}$ der natürlichen Größe.

sind an der Stelle, wo die Abbiegung des Kammrandes erfolgt, also etwa 130 *mm* oberhalb des unteren Bruchrandes, einander sehr genähert, entfernen sich im weiteren Verlaufe nach oben etwas weiter voneinander, ziehen aber doch nahezu parallel bis zum oberen Bruchende des Knochens, wo sie durch-

schnittlich 40 *mm* voneinander getrennt sind und eine Breite von ungefähr 12 *mm* erreichen; die mittlere der drei Rinnen ist die breiteste, die dem Kammrande zunächst gelegene die tiefste.

Auf der anderen Kammfläche sind diese Rinnen gleichfalls zu beobachten, doch ist ihr Verlauf hier unregelmäßiger, sie sind seichter und in zahlreichere Nebenrinnen aufgelöst, welche aber auch einen im ganzen und großen parallelen Verlauf zeigen. (Fig. 2.)

Wir wollen nunmehr den oberen Bruchrand des vorliegenden indischen Fragmentes betrachten.

Der obere Bruchrand des Schädelzapfens besitzt eine Länge von 172 *mm*. Der Kammrand ist hier etwas angeschwollen und 27 *mm* stark; auf eine Länge von etwa 85 *mm* behält der Knochenbruchrand nahezu dieselbe Stärke bei, verdickt sich aber rasch und sein Querdurchmesser beträgt an dem anderen Ende 58 *mm*.

Von dieser stark verdickten Stelle aus zieht sich ein sehr kräftiger, gerundeter, durchschnittlich 60 *mm* im Durchmesser haltender Kamm in ziemlich gerader Richtung gegen die Basis herab, wo er allmählich verläuft, sich aber bis zu beiden Enden der ovalen Basis ausbreitet. Seine Oberfläche ist unregelmäßig grubig vertieft und diese Stelle erinnert ganz besonders an die Oberfläche eines Cervidengeweihes. (Fig. 1.)

Wenn wir uns nunmehr über diesen Rest ein Gesamtbild zu machen versuchen, so sehen wir, daß von allen kammartigen Hervorragungen die zuletzt erwähnte die kräftigste ist und daß sie einen konkaven Bogen bildet, während der weit schwächere flache Kamm einen konvexen Rand besitzt. Zu beiden Seiten des dicken, rauhen Wulstes ist der Knochen ausgehöhlt; auf jener Seite, welche in den seitlichen kurzen Zapfen übergeht, ist diese Einsenkung gering, während sie auf der anderen, wo der Knochen in den flachen Kamm übergeht, weit beträchtlicher und namentlich oberhalb der Basis sehr deutlich ausgesprochen ist.

Mit Rücksicht auf die konkave Biegung des dicken Wulstes und die konvexe Krümmung des flachen Kammes darf wohl mit Sicherheit angenommen werden, daß der erstgenannte dicke Wulst die Hinter-

seite des Schädelzapfens, der flache konvexe Kamm dagegen die vordere Seite desselben repräsentiert. Damit stimmt auch die geradere Richtung des dicken Wulstes und die schraubenförmig gewundene des Kammrandes überein.

Wenn wir auf diese Weise Vorder- und Hinterseite zu orientieren versucht haben, so bleibt uns noch übrig zu untersuchen, ob der vorliegende Scheitelzapfen der rechten oder linken Schädelhälfte angehören dürfte.

Orientieren wir den Scheitelzapfen so, daß der dicke, konkav gekrümmte Wulst nach hinten und außen sieht, während der kleine, seitliche, schräge Zacken nach oben und innen, der flache Kamm aber mit seiner umgeschlagenen Vorderecke nach unten und außen sieht, stellen wir den Knochen also derart, daß er auf die rechte Schädelhälfte gesetzt zu denken ist, so haben wir folgendes zu beachten.

Die Dicke des Knochens ist, wie wir früher gesehen haben, nicht überall gleich; sie ist am größten unterhalb des seitlichen, abstehenden, kleinen Zackens, schwächer am unteren Ende des flachen Kammes und am schwächsten am Ende des dicken Wulstes an der Hinterseite.

Nun muß man sich vor Augen halten, daß der enorm entwickelte Knochenzapfen von der Schädeldecke getragen wird. Er stand, wie die an den bekannten Schädeln vorhandenen Reste der hinteren Schädelzapfen beweisen,[1] ziemlich schräge vom Schädel ab. Es ist klar, daß der von der Knochenmasse der Schädelzapfen auf die Parietalia ausgeübte Druck an der unteren äußeren Ecke des Zapfens am stärksten zur Geltung kommt, während die obere Ecke desselben einen weit schwächeren Druck empfängt. Es ist aber weiters klar, daß sich der Knochen an der vom Druck der auflagernden Knochenmasse am meisten beeinflußten Stelle stärker verdicken wird, als an jenen Stellen, welche einen geringeren Druck auszuhalten haben.

Die größte Stärke erreicht die Basis des Schädelzapfens unterhalb der Stelle, wo der seitliche Zacken abzweigt; diese

[1] Vergl. Falconer, Palaeontological Memoirs, vol. I; Fauna Antiqua Sivalensis, pl. XIX und XXI, fig. 2.

Stelle hatte also am unverletzten Schädel offenbar den stärksten Druck zu erleiden. Nachdem aber der dicke, rauhe Wulst die Hinterseite des Schädelzapfens bildet, wie wir gesehen haben, so kann der vorliegende Knochen nur als der linke hintere Schädelzapfen aufgefaßt werden, eine Anschauung, zu welcher auch Falconer, Cautley und Lydekker gelangt sind.

Wenn aber dieser Schädelzapfen der linken Seite angehört, so ist die Rekonstruktion Falconer's und Murie's unbedingt falsch, denn diese Rekonstruktionen zeigen den Kamm nach außen, den seitlichen Zacken aber nach innen gewendet; derselbe steht aber, wie wir zu zeigen versucht haben, nach unten und außen ab, hat also eine ähnliche oder dieselbe Lage wie der Augensproß des Elches, des Riesenhirsches u. s. f.

Falconer und Murie bilden in den Rekonstruktionen des Sivatheriumschädels neben den am vorliegenden Reste sichtbaren seitlichen Zacken des Schädelzapfens noch einen zweiten, kleineren ab, der unterhalb des ersten steht. Sollte der mir vorliegende Schädelzapfen Veranlassung zu dieser Rekonstruktion geboten haben, so muß gesagt werden, daß zu der Annahme eines zweiten, kleineren Zackens der vorliegende Rest keinen Anhaltspunkt geben kann; an der Stelle, welche unter dem einen Zacken den stark verdickten unteren Bruchrand des Zapfens bildet, stand sicher kein kleineres Horn.

Daß keine tatsächliche Beobachtung, sondern nur eine Vermutung die Veranlassung zu der Annahme gab, daß der Schädelzapfen von *Sivatherium giganteum* dreizackig war, geht aus folgender Bemerkung Falconer's hervor:[1]

»They give undoubted proofs of having had two branches, the distinct bases of which are seen, and there is every reason to believe they had a third.« Auch an einer anderen Stelle sagt Falconer nur:[2] »This appears to have been the centre of a third branch or offset from the common pedicle proceeding directly outwards.«

---

[1] Falconer, l. c., p. 268.

[2] Falconer, l. c., p. 267.

Diese Vermutung von dem Vorhandensein eines dritten Zackens brachte Falconer sowohl auf der rekonstruierten Schädelansicht[1] als auf der Vorderansicht des berühmten Originals[2] (Nr. 15283 des Britischen Museums) zum Ausdruck; J. Murie schloß sich seiner Auffassung an und stellte den hinteren Schädelzapfen des *Sivatherium giganteum* gleichfalls dreizackig dar.[3] Diese Rekonstruktion ist in die meisten Lehrbücher übergegangen. Lydekker[4] bildet dagegen nur einen kurzen stumpfen Zacken ab, den er ebenso wie Falconer, Cautley und Murie nach aufwärts stellt, während er die umgeschlagene untere Ecke des Kammrandes nach unten orientiert; nach Lydekker würde somit der dicke Längswulst auf der Vorderseite des Schädelzapfens zu stehen kommen, während die nach oben sich verjüngende Schaufel auf die Hinterseite zu liegen käme, und der ganze Schädelzapfen würde somit nicht nach hinten, sondern nach vorn gekrümmt sein, da der erwähnte dicke Längswulst konkav gebogen ist. Aus dem Vorangegangenen ist es klar, daß ich die Zapfen derart orientiere, daß der eine kurze Zacken, der die Stelle eines Augensprosses vertritt, schräge nach außen zu stehen kommt, während die Kammkante an der Vorderseite des Schädelzapfens verläuft und der dicke gerade Wulst an der Hinterseite desselben liegt. (Fig. 2.)

Bei dieser Art der Rekonstruktion verliert auch der Schädelschmuck von *Sivatherium giganteum* teilweise das abenteuerliche Aussehen und erinnert in der Form und Richtung der Schädelzapfen mehr an gewisse Cerviden, wie z. B. an den Elch. Man darf wohl nicht aus den Augen lassen, daß die Entwicklung der mehr oder weniger zahlreichen Zacken an den Geweihen der Cerviden mit der Verwendung des Stirnschmuckes als Waffe zusammenhängt und es läßt sich leicht vorstellen, daß der kurze starke Zacken des Sivatherium-

---

[1] Falconer, l. c., pl. XXI, fig. 4.

[2] Falconer, l. c., pl. XIX.

[3] J. Murie, Geol. Mag., 1871, vol. VIII, pl. XII.

[4] R. Lydekker, Die geographische Verbreitung und geologische Entwicklung der Säugetiere. Jena 1901, p. 280, Textfigur 47.

hornes gleichfalls eine besonders geeignete Stoßwaffe gebildet haben mag.[1]

Wir haben nunmehr zu untersuchen, inwieweit der Rest aus Adrianopel mit dem Schädelzapfen des *Sivatherium giganteum* aus den Siwalik Hills übereinstimmt.

Das vorliegende Fragment besteht aus sehr dichtem, starken Knochengewebe; das abgebrochene untere Ende läßt erkennen, daß in diesem Teile des Knochens, welchen wir als den unteren bezeichnen wollen, eine sehr weite und tiefe Höhlung vorhanden ist (Fig. 3), welche der Höhlung an der Basis des Schädelzapfens aus den Siwalik Hills entspricht, welchen wir soeben näher beschrieben haben.

Diese Höhlung besitzt an der Basis einen eiförmigen Umriß; die Länge desselben beträgt 85, die größte Breite ungefähr 50 *mm*. Von hier aus zieht sich eine kegelförmige Höhlung ungefähr 150 *mm* tief in das Innere des Knochens; sie ist vollständig glattwandig, verjüngt sich aber nicht gleichmäßig, sondern ist durch schwache transversale Kämme in eine Anzahl kleinerer und größerer blasenförmig aufgetriebener Hohlräume zerlegt. Die zarten Knochenkämme sind stellenweise entweder bei der Fossilisation oder beim Entfernen des den Hohlraum ausfüllenden Gesteins abgebrochen. An einigen Stellen sieht man die Eindrücke sehr zarter Gefäßrinnen an der Wand der Höhlung; solche feine Furchen setzen sich da und dort als Kanäle durch die erwähnten Hervorragungen fort, um an der anderen Seite wieder zum Vorschein zu gelangen.

[1] M'Neill teilte Darwin mit, daß er trotz langer und sorgfältiger Beobachtungen über das Leben des Edelhirsches niemals eines der oberen Geweihenden vom Tiere als Waffe gebraucht sah, sondern daß nur die sich nach unten neigenden Augensprossen beim Angriff verwendet werden. Gleichzeitig bilden die Augensprossen einen wichtigen Schutz für die Stirne. Dieselbe Beobachtung machte Sir Philipp Egerton; nach diesem Gewährsmann versuchen sowohl der Edelhirsch als der Damhirsch, die Augensprossen dem unterlegenen Gegner in den Leib zu bohren. Bei anderen Hirscharten scheinen indessen auch die oberen Geweihenden zum Angriff benützt zu werden (Ch. Darwin, Die Abstammung des Menschen, 2. Aufl., Stuttgart 1886, p. 488). Ich glaube daher, dem kurzen Zacken des Sivatheriumhorns die Bedeutung eines Augensprosses zuschreiben zu sollen; selbstverständlich kann hier nicht von einer Homologie der Organe, sondern nur von einer konvergenten Anpassung die Rede sein.

Die Beschaffenheit dieses Hohlraumes ist so überaus charakteristisch, daß schon mit Rücksicht darauf an der Sivatheridennatur des Restes nicht gezweifelt werden kann. Die Übereinstimmung mit dem linken hinteren Schädelzapfen von *Sivatherium giganteum* wird jedoch erst durch die allgemeine Form, die Beschaffenheit der Gefäßrinnen und die Größe des Restes hergestellt.

Von der eiförmigen, im Inneren ausgehöhlten Basis verbreitert sich der Knochen allmählich gegen oben, und zwar

Fig. 3.

Sivatherium giganteum Falc. et Cautl.

(Ansicht des unteren Bruchrandes des linken hinteren Schädelzapfens aus einer Sandgrube zwischen Mustafa Pascha und Adrianopel, um die großen blasenförmigen Höhlungen im Innern des Knochens zu zeigen.)

$^2/_5$ der natürlichen Größe.

fällt die Richtung dieser Verbreiterung ziemlich genau mit der Längsachse der eiförmigen Basis zusammen. Gleichzeitig krümmt sich der immer flacher werdende Knochen derart, daß die eine Flachseite konkav, die andere konvex erscheint. Wir wollen zunächst die konkave Fläche etwas eingehender betrachten. (Tafel I, Fig. 1.)

Das bezeichnendste Merkmal der Oberfläche dieses Abschnittes sind ungewöhnlich tiefe Gefäßrinnen, welche schon an der Basis beginnen und sich von hier nach aufwärts ziehen. Schon an der Basis zeigt sich eine starke Divergenz in der

Richtung dieser Gefäßrinnen; die eine Gruppe derselben zieht sich, aus ziemlich parallelen Furchen bestehend, gegen die eine obere Ecke der Fläche, während die zweite Gruppe, aus stärker divergierenden Strängen zusammengesetzt, gegen die entgegengesetzte obere Ecke verläuft.

Die Mitte der Fläche ist nahezu frei von derartigen Gefäßrinnen und ist etwa 100 *mm* oberhalb des unteren Bruchrandes grubig vertieft; weiter gegen oben folgen noch einige unregelmäßig verstreute Gruben in der Mittellinie der Fläche.

Versuchen wir es, diesen Abschnitt des Restes aus Adrianopel mit einer Partie des Schädelzapfens von *Sivatherium giganteum* in Einklang zu bringen, so sehen wir sofort, daß hier nur jene Fläche in Betracht kommen kann, welche von uns als die Vorder- und Außenseite bezeichnet worden ist, und zwar ist dies jener Abschnitt, welcher an dem Schädelzapfen aus den Siwalik Hills von dem Bruchrand an der Basis, dem Rande des schraubig gedrehten Längskammes und dem kurzen seitlichen Zacken begrenzt wird.

Betrachten wir dagegen die rückwärtige, gewölbte Fläche des Adrianopeler Restes und vergleichen wir sie mit dem Schädelzapfen aus den Siwalik Hills, so ergeben sich einige Unterschiede.

Bei dem Rest aus den Siwalik Hills wird die Hinterseite des Zapfens der ganzen Länge nach von einem sehr kräftigen, geradlinigen Wulst durchzogen, welcher konkav ausgebogen ist und von welchem der Knochen einerseits in den flachen Längskamm, andrerseits in den seitlichen Zacken abfällt.

Die Hinterseite des Restes aus Adrianopel ist zwar gleichfalls gewölbt, es kommt jedoch hier nicht zur Bildung eines scharf ausgesprochenen runden, starken Wulstes, sondern der Knochen fällt allmählich nach beiden Seiten hin ab.

Gleichwohl steht es außer Zweifel, daß diese Fläche der in Vergleich gezogenen des Schädelzapfens aus den Siwalik Hills entspricht.

Wenn auch der hintere starke Längswulst des indischen Restes bei dem Fragment aus Adrianopel nicht zur vollen Entwicklung gelangt, so stimmt doch die Linie der höchsten

Wölbung bei beiden Stücken vollkommen überein. Der einzige Unterschied besteht darin, daß der flache Längskamm des Parietalzapfens bei dem Adrianopeler Reste nicht die Drehung erleidet wie bei dem indischen, wodurch der Längskamm, der hintere Wulst und der Seitenzacken keinen so starken Winkel wie bei dem indischen Reste miteinander einschließen, sondern mehr in eine Ebene zu liegen kommen.

Betrachten wir die Oberfläche der Hinterseite des Schädelzapfenrestes aus Adrianopel genauer, so ergibt sich folgendes:

Die Linie der stärksten Wölbung liegt dem Unterrande des Schädelzapfens näher als dem Oberrande. Die Oberfläche dieses am stärksten gewölbten Teils stimmt in ihrer Skulptur mit der Oberflächenbeschaffenheit des hinteren Längswulstes an dem indischen Schädelzapfen ganz überein; es ist dies auch an dem Reste von Adrianopel jene Partie, welche durch unregelmäßig verstreute Rauhigkeiten am ehesten an ein Cervidengeweih gemahnt. Zu beiden Seiten dieser Region dehnen sich dagegen wieder Gefäßeindrücke aus; diese sind ebenso wie an dem indischen Reste durchwegs schwächer als auf der Vorderseite des Schädelzapfens. Namentlich in dem Abschnitte, welcher die Hinterseite des Längskammes repräsentiert, sind die Furchen zahlreich und reich verzweigt; man kann jedoch zwei, etwa 55 *mm* voneinander entfernte, sehr breite und seichte Rinnen unterscheiden, welche offenbar stärkeren Blutgefäßen entsprechen und welche sich in der Nähe des oberen Bruchrandes verzweigen. Es ist kein Zweifel, daß die Breite dieser Rinnen und infolgedessen die Stärke der in ihnen laufenden Gefäße dafür sprechen, daß das Schädelzapfenfragment aus Adrianopel eine sehr beträchtliche Länge erreichte.

Der obere Bruchrand des letztgenannten Restes ist an der dünnsten Stelle 32 *mm*, an der dicksten 61 *mm*, also etwa doppelt so stark. Die letztere Stelle entspricht dem oberen Ende des Wulstes der Hinterseite, wo derselbe in den Seitenzacken übergeht. Die Substantia compacta hat an diesem Bruchrande eine durchschnittliche Stärke von 8 *mm*; der Zwischenraum wird in der einen, dünneren Hälfte des Stückes von der Spongiosa gebildet, doch verschwindet dieselbe an jener Stelle des Bruchrandes, wo der Knochen stärker zu

werden beginnt und hier ist der Knochen ausschließlich aus der kompakten Substanz zusammengesetzt.

Aus dieser Betrachtung geht hervor, daß zwar im Verlauf und in der Entwicklung des hinteren Längswulstes beide Schädelzapfen voneinander etwas verschieden sind, daß aber die Lage des seitlichen Zackens, die Hauptachse des ganzen Knochens, die Hauptanordnung der Gefäßrinnen, die Beschaffenheit des Hohlraumes an der Basis und die Oberflächenbeschaffenheit der Hinterseite bei beiden Resten übereinstimmt. Wir haben nun noch einen Punkt in Erörterung zu ziehen, nämlich die Größe beider Schädelzapfen.

Ein genauer Größenvergleich ist aus dem Grunde sehr erschwert, weil das Fragment aus Adrianopel an einer anderen Stelle der Basis abgebrochen ist als das indische und weil sowohl der Längskamm als der seitliche Zacken nicht intakt, sondern an den Rändern abgebrochen sind. Es läßt sich jedoch aus den allgemeinen Verhältnissen sowie aus der Knochenstärke an der Basis schließen, daß der Rest aus Adrianopel einem etwas kleineren Tiere angehörte.

Daß das Knochenfragment aus Adrianopel nichts anderes darstellen kann als das linke hintere Horn eines Sivatherinen, dürfte aus den bisherigen Betrachtungen zur Genüge klar geworden sein. Da aber außer *Sivatherium* noch eine Anzahl anderer Sivatherinengattungen aufgestellt wurde, ist es notwendig, zu untersuchen, ob dieser Rest nur auf *Sivatherium* bezogen werden kann oder ob auch die anderen bisher bekannt gewordenen Camelopardalidengattungen bei einem Vergleich in Frage kommen können.

Während Lydekker im Jahre 1878[1] die Gattungen *Hydaspitherium, Sivatherium, Bramatherium und Vishnutherium* zu einer Familie, den Sivatheriden, vereinigte, ließ er im Jahre 1882[2] diese Familie auf und stellte die Gattungen: *Camelopardalis, Orasius, Vishnutherium, Helladotherium,*

---

[1] R. Lydekker, Indian Tertiary and Posttertiary Vertebrata. Vol. I, 3; — Ser. X. 3. Crania of Ruminants. — Memoirs of the Geol. Survey of India, Calcutta, 1878, p. 159 (72).

[2] R. Lydekker, Ibid., Ser. X, vol. II, Siwalik Camelopardalidae. p. 99 (1).

Hydaspitherium, *Bramatherium* und *Sivatherium* zu den Camelopardaliden.

Zittel[1] unterschied zwei gleichwertige Unterfamilien, die der *Giraffinae* (*Helladotherium,? Vishnutherium, Alcicephalus, Samotherium, Palaeotragus* und *Camelopardalis* umfassend) und die der *Sivatherinae* (*Sivatherium, Bramatherium, Hydaspitherium,? Urmiatherium*).

C. J. Forsyth-Major[2] unterschied 1891 folgende Gattungen der Giraffiden (= Camelopardaliden): *Giraffa* (= *Camelopardalis*), *Samotherium, Palaeotragus, Sivatherium, Hydaspitherium, Helladotherium.*

M. Schlosser[3] hält es für angezeigter, dem Vorgange Zittel's zu folgen und zwei gleichwertige Unterfamilien, die *Giraffinae* und *Sivatheriinae* anzunehmen.

Die *Giraffinae* umfassen nach Schlosser folgende Gattungen: *Camelopardalis, Orasius, Alcicephalus, Samotherium, Palaeotragus, Helladotherium* und *Hydaspitherium* (p. p., *Hydaspitherium grande*, aber nicht *Hydaspitherium megacephalum*, welches wahrscheinlich der Gattung *Bramatherium* angehört).

Dieser Unterfamilie wäre noch die Gattung *Okapia* anzuschließen.

Die *Sivatheriinae* umfassen nach Schlosser die Gattungen *Sivatherium, Bramatherium, Urmiatherium, Vishnutherium* (= *Bramatherium?*), endlich eine Sivatheriinengattung (= *Urmiatherium?*) aus China.

Aus den beiden Gruppen der *Giraffinae* und *Sivatheriinae* sind bei unseren Vergleichen folgende Gattungen von vornherein auszuscheiden: *Camelopardalis, Orasius, Alcicephalus, Samotherium, Palaeotragus, Helladotherium, Hydaspitherium* (*grande*), *Okapia, Urmiatherium, Vishnutherium*, endlich die

---

[1] K. A. v. Zittel, Handbuch der Palaeontologie, IV. Bd., 1893, p. 407 bis 412.

[2] C. J. Forsyth-Major, On the Fossil Remains of Spezies of the family Giraffidae. P. Z. S. London 1891.

[3] M. Schlosser, Die fossilen Säugetiere Chinas nebst einer Odontographie der rezenten Antilopen. Abhandl. der königl. bayer. Akad. d. Wiss., II. Kl., XXII. Bd., I. Abt., München 1903, p. 184.

möglicherweise mit *Urmiatherium* identische, bisher nur durch Zähne bekannte Sivatheriinengattung aus den roten Tonen von Schansi und Sz'tschwan in China.

Somit bleiben außer *Sivatherium giganteum* nur die beiden Arten der Gattung *Brahmatherium*, *B. perimense* Falc. und *B.* (*Hydaspitherium* p. p.) *megacephalum* Lyd. für einen Vergleich mit dem Zapfenfragment aus Adrianopel übrig.

Aber auch *Bramatherium perimense* Falc. kann nach der Entwicklung der Schädelzapfen, soweit dieselben bekannt sind, mit dem Rest aus Adrianopel nicht in näheren Vergleich gezogen werden.

Der von Bettington[1] abgebildete Schädel des *Bramatherium perimense* Falconer hält sich in bedeutend kleineren Dimensionen als der Schädel von *Sivatherium*[2] und unterscheidet sich von *Sivatherium* hauptsächlich durch die verschiedene Beschaffenheit der Schädelzapfen. Während bei *Sivatherium* knapp ober den Augenhöhlen zwei kleine, getrennte, schräg nach außen abstehende, kegelförmige Hörner sitzen und die beiden hinteren großen Zapfen sich von der höchsten Stelle des Schädels aus erheben, liegen bei *Bramatherium* ober den Augenhöhlen zwei große Hörner, welche sich von einer gemeinsamen Basis erheben, während auf dem Hinterhaupt zwei Scheitelzapfen von gleichfalls beträchtlicher Größe, aber mit getrennten Basen aufsitzen. Lydekker war zuerst der Meinung,[3] daß die vorderen großen Stirnzapfen mit gemeinsamer Basis bei *Bramatherium* den hinteren großen Zapfen mit getrennter Basis bei *Sivatherium* entsprechen, kam aber später von dieser Anschauung zurück[4] und sprach sich dahin

---

[1] A. Bettington, Memorandum on Certain Fossils, more particulary a New Ruminant, found at the Island of Perim, in the Gulf of Cambay. Journ. Royal Asiatic Society, 1845, p. 340. Note on same by Prof. Owen, p. 417. (Der hier abgebildete Schädel von *Bramatherium perimense* Falc. befindet sich im British Museum of Nat. Hist., Nr. 20009 Cat. of Fossil Mamm.)

[2] R. Lydekker, Siwalik Camelopardalidae, l. c., p. 130 (32).

[3] R. Lydekker, Crania of Ruminants from the Indian Tertiaries, l. c., p. 166 (79). Vergl. Textfiguren: Homology of horns of Sivatheridae and Camelopardalidae.

[4] R. Lydekker, Siwalik Camelopardalidae, l. c., p. 130 (32).

aus, daß die vorderen großen, auf gemeinsamer Basis sich erhebenden Zapfen von *Bramatherium* den vorderen kleineren Zapfen von *Sivatherium* homolog sind, eine Anschauung, welche durch die gleiche Lage der betreffenden Zapfen knapp ober, beziehentlich zwischen den Augenhöhlen durchaus gerechtfertigt erscheint.

Leider sind von den Schädelzapfen des *Bramatherium perimense* nur sehr dürftige Fragmente bekannt. Gleichwohl kann mit Rücksicht auf die bedeutend geringere Größe dieser Art als ausgeschlossen gelten, daß der Rest aus Adrianopel mit *Bramatherium perimense* identisch ist.

Die zweite, neuerdings von Schlosser zu *Bramatherium* gestellte Sivatheriinenart, welche von Lydekker als *Hydaspitherium megacephalum* beschrieben wurde, ist gleichfalls durch eine ganz abweichende Gestalt der Hornbasen ausgezeichnet.

Die Schädelzapfen selbst sind noch unbekannt, doch läßt sich aus der Beschaffenheit der außergewöhnlich großen, steil aufsteigenden, gemeinsamen Basis der Zapfen schließen, daß das untere Ende der wahrscheinlich paarig entwickelten Schädelzapfen eine ganz andere Form gezeigt haben muß, als dies bei dem unteren Ende der Zapfen von *Sivatherium giganteum* aus den Siwalikbildungen und bei dem Reste aus Adrianopel der Fall ist.

Wir sehen somit, daß bei einem engeren Vergleich dieses Restes mit den von den englischen Paläontologen in die Familie der Camelopardaliden zusammengezogenen Formen allein die Gattung *Sivatherium* übrig bleibt. Da die Übereinstimmung zwischen dem Hornfragment aus Adrianopel und dem Schädelzapfen von *Sivatherium giganteum* aus den Siwalik Hills eine nahezu vollkommene ist, so muß der Rest aus Adrianopel als das linke hintere Horn von *Sivatherium giganteum* Falc. et Cautl. angesehen werden und es ist somit das Auftreten der Gattung *Sivatherium* in Europa zum ersten Male sicher bewiesen.

Es erübrigt uns nur noch, der Frage nach dem Alter der Sande und Schotter von Adrianopel näher zu treten, in welchen das Sivatheriumhorn entdeckt wurde.

M. Schlosser hat vor kurzem überzeugend dargelegt, daß die Fauna der Insel Perim, von Pendschab, aus den subhimalayischen Siwalik und von Birma eine typische Hipparionenfauna darstellt und somit dem Unterpliocän angehört. Nur die Fauna der Mancharbeds von Sind reicht zum Teil in eine tiefere Stufe des Tertiärs hinab (*Anthracotherium, Hyopotamus, Hemimeryx, Mastodon angustidens* var. *palaeindicus*).

Das Vorkommen von *Sivatherium giganteum*, eines typischen Vertreters der indischen Hipparionenfauna, in den wahrscheinlich fluviatilen Anschwemmungen bei Adrianopel[1] würde somit für dieselben ein unterpliozänes Alter wahrscheinlich machen. Dabei darf aber nicht vergessen werden, daß sich ja *Sivatherium giganteum* in der europäischen Türkei vielleicht länger erhalten haben konnte, als dies in Ostindien der Fall war; außerdem ist noch der Erhaltungszustand des Restes zu berücksichtigen.

Die Bruchflächen des Hornfragmentes aus Adrianopel sind nur an einer Stelle, nämlich an dem oberen Querbruche, frisch, sonst aber durchwegs stark abgerollt. Wenn auch das Vorkommen stark gerollter Knochen in Sanden oder Schottern an und für sich kein Beweis für eine sekundäre Lagerung derselben ist, so ist doch wohl in der Entscheidung der Altersfrage der Schichten von Adrianopel Vorsicht geboten. Die übrigen mir vorliegenden Reste aus Adrianopel zeigen einen ganz verschiedenen Erhaltungszustand und sind zum Teile für die Entscheidung der Altersfrage ungeeignet. Daher muß die Feststellung des Alters der Adrianopeler Sande, welche keinesfalls älter als Unterpliozän sein können, weiteren Forschungen vorbehalten bleiben.

---

[1] Der Fundort ist eine Materialgrube bei *km* 33 der Bahnlinie zwischen Adrianopel und Mustafa Pascha. In den feinen, lockeren, glimmerreichen gelblichen Quarzsanden finden sich zahlreiche verkieselte Holzstücke. (F. Schaffer, diese Sitzungsberichte, CXIII. Bd., Abt. I, Febr. 1904, p. 110 bis 111. Das P im Worte Mustafa Paša auf der beigehefteten Karte bezeichnet nach einer freundlichen Mitteilung Dr. Schaffer's die genaue Lage der Fundstelle.)

Tafelerklärung.

Tafel I.

Fig. 1. Linker hinterer Schädelzapfen von *Sivatherium giganteum* Falc. et Cautl. aus einer Sandgrube zwischen Mustafa Pascha und Adrianopel, von der Vorderseite ($^2/_5$ der natürlichen Größe).

Fig. 2. Linker hinterer Schädelzapfen von *Sivatherium giganteum* Falc. et Cautl. aus einer Sandgrube zwischen Mustafa Pascha und Adrianopel, von der Hinterseite ($^2/_5$ der natürlichen Größe).

daß die Zahl der wirklich guten Serien sich auf eine ziemlich beschränkte reduzierte. Doch war diese vollkommen genügend, um die unten beschriebenen Resultate genau feststellen zu können.

Bei der ersten Beobachtung der Fruchtknoten fiel mir gleich ein merkwürdiges anatomisches Verhältnis auf, nämlich das vollständige Fehlen einer Mikropyle, und zwar war das überall, auch an den jüngsten Fruchtknoten, der Fall, so daß es ausgeschlossen war, daß eine Befruchtung auf normalem Wege hätte stattfinden können. Dieser Umstand verstärkte die Annahme der Parthenogenese. Bald darauf zeigte aber die Anwesenheit von Pollenschläuchen im Gewebe, daß eine Befruchtung wirklich stattfindet, wohl aber auf abnorme Weise, denn der Pollenschlauch wächst interzellular.

Ein anderes wichtiges Ergebnis der Untersuchungen war das Vorhandensein mehrerer Embryosäcke in einem und demselben Nucellus und das bildet das Thema für den zweiten Teil meiner Arbeit.

Präparationsmethode.

Aus den kleinen Blüten, die mit Alkohol fixiert worden waren, wurden die Fruchtknoten herausgenommen und einzeln nach der gewöhnlichen Methode in Paraffin (52°) eingebettet. Bei der Einbettung zeigte die Orientierung der Fruchtknoten wegen ihrer geringen Größe einige Schwierigkeiten; dies hatte zur Folge, daß viele beim Schneiden schief getroffen wurden. Die Schnittserien, von welchen die dickeren (14 μ) sich als für die Beobachtung vorteilhafter erwiesen, wurden teilweise mit Hämatoxylin und teilweise mit Safranin gefärbt. Die erste Tinktionsmethode (nach Haidenhain) gab sehr gute Resultate für die Tinktion der Pollenschläuche. Diese färben sich damit tief schwarz und treten aus dem benachbarten Gewebe stark hervor. Safranin (alkoholische Lösung 50%) tingierte die Pollenschläuche nicht so tief wie Hämatoxylin, war aber von großem Nutzen bei der Untersuchung des Embryosackes, denn es tingiert tief rot die Kerne, besonders die Nucleolen.

Eingeschlossen wurden alle Präparate im Kanadabalsam.

I. Teil.

1. Bau der Blüten und der Fruchtknoten.

Bevor ich mit der Beschreibung des Verlaufes des Pollenschlauches anfange, halte ich für notwendig, ganz kurz den Bau der Fruchtknoten zu erörtern. Der Bau der Blüten wurde schon von vielen Autoren beschrieben, so daß ich mich auf das Zitieren einiger derselben beschränken werde. Es enthalten z. B. mehr minder ausgedehnte Beschreibungen und mehr minder gute Abbildungen der Pflanze u. a. die Arbeiten von Schkuhr,[1] Koch,[2] Gaertner,[3] v. Braune,[4] Sturm,[5] Ascherson und Graebner.[6] In Einem stimmen die Ansichten dieser Autoren nicht überein, nämlich in Bezug auf die Zahl der in einer Blüte enthaltenen Fruchtknoten. Während die drei ersteren die Zahl 5 als konstant angeben, sprechen Braune und Sturm von einer zwischen 3 und 8 variierenden Zahl, Ascherson und Graebner geben die Zahl der Fruchtblätter mit 5 bis 12 an. Bei den von mir untersuchten Blüten habe ich gewöhnlich 5 bis 9 oder 10 gefunden. Einen Fall mit 3 und einen solchen mit 12 Fruchtknoten in einer Blüte glaube ich als Ausnahmsfälle betrachten zu können, denn in allen anderen Fällen bildeten die erstgenannten Zahlen die Regel; auch die Zahl 10 war ziemlich selten.

Nicht alle Fruchtknoten bilden sich zu Früchten aus; in fast allen Blüten bleiben einige in der Entwicklung so weit zurück, daß sie von den anderen verdrängt werden und schließlich absterben.

Die Form der Fruchtknoten ist eine beinahe ovale; seitwärts liegen der Griffel mit der Narbe und der Stiel. Diese bilden zusammen eine beinahe gerade Linie, welche der Achse der Blüte

---

[1] Schkuhr, Ch. Botanisches Handbuch, Wittenberg 1791. I. Bd. S. 258, Tafel 88.

[2] Koch, W. D. J. Synopsis der deutschen und schweizer Flora. I. Bd. S. 822.

[3] Gaertner, J. De fructibus et seminibus plantarum. I. Bd., S. 348. Taf. 73.

[4] A. v. Braune. Salzburgische Flora. Salzburg 1797. I. Bd.

[5] Sturm, J. Deutschlands Flora. V. Bd.

[6] Ascherson P. und Graebner P. Synopsis, VI. Bd., S. 661, 1904.

parallel ist. Die Griffel sind gegen das Zentrum der Blüte orientiert, wo sie ein Büschel bilden. Beim Schneiden wurde versucht, den Fruchtknoten immer der Länge nach zu schneiden; alle auf diese Weise hergestellten Schnittserien waren für die Beobachtung der inneren Organisationsverhältnisse sehr geeignet; als die allerbesten erwiesen sich aber jene Schnitte, die zusammen mit dem Fruchtknoten auch dessen Stiel und Griffel schnitten, so daß die Samenanlage durch die Mitte getroffen und der Funiculus zu sehen war. Eine solche Sektion durch den Fruchtknoten, wie sie von der Figur 1 dargestellt wird, zeigt folgende Merkmale. Der Fruchtknoten enthält eine einzige orthotrope Samenanlage, welche an dem Fruchtblatte durch einen sehr kurzen Funiculus befestigt ist. Was an der Samenanlage gleich auffällt, ist, daß ihr einziges Integument am Scheitel vollkommen geschlossen ist, daß es also keine Mikropyle bildet. Das Schließen des Integumentes geschieht durch die Verschmelzung seiner Ränder, welche sowohl am Gipfel als auch seitwärts des Nucellus stattfinden kann; im letzten Falle, wenn ein Teil stärker wächst als der andere. Dieser Prozeß findet früher statt, als daß ein Pollenschlauch hätte die Oosphäre befruchten können. Zu dieser Annahme führte die Beobachtung, daß in jungen Fruchtknoten, wenn im Embryosacke die einzelnen Elemente noch kaum differenziert waren und an welchen sich keine Spur von Pollenschläuchen — nicht einmal im Griffel, wo man sie leicht auffinden kann — zeigte, der Schluß des Integumentes schon vor sich gegangen war. Es ist also klar, daß bei *Sibbaldia* die Mikropyle vollkommen verloren gegangen ist.

Das Integument zeigt außerdem in einigen Fällen ein ganz merkwürdiges Verhalten. Statt sich zu schließen, bleibt es in einigen Samenanlagen in der Entwicklung so weit zurück, daß es kaum etwas über die Mitte derselben wächst. Auf diese Weise bleibt der obere Teil des Nucellus nackt und der Eiapparat des Embryosackes liegt, nur von der Wand desselben bedeckt, an der Oberfläche der Fruchtknotenhöhle.

Daß es sich hier um Jugendstadien handelte, ist ausgeschlossen, da in diesen Fällen die Elemente des Embryosackes vollkommen entwickelt, in einigen die Polkerne schon anein-

ander genähert waren, in einem hatte sogar schon der Pollenschlauch die Eizelle erreicht.

Da also schon in jungen Samenanlagen das Integument ganz geschlossen ist, glaube ich, die letztgenannten Fälle für abnorme halten zu müssen. Die Hemmung im Wachsen des Integumentes ist wahrscheinlich dadurch hervorgerufen, daß der Nucellus, sich sehr rasch entwickelnd, die ganze Fruchtknotenhöhle erfüllt und auf diese Weise das Emporwachsen des Integumentes verhindert. Diese Annahme wird durch den Umstand verstärkt, daß in den drei beobachteten Fällen, in denen zwei Embryosäcke voneinander getrennt zur Entwicklung kamen, somit zwei Nucellen gebildet wurden, das Integument noch nicht geschlossen war, obwohl in einem Falle schon eine Befruchtung stattgefunden hatte. Wenn der Nucellus eine so beträchtliche Dimension annimmt, um zwei getrennte sporogene Gewebe zu enthalten, muß er sich viel stärker als gewöhnlich entwickeln, wodurch er die Fruchtknotenhöhle früher erfüllt, als sich das Integument hätte schließen können. (Fig. 13, 14, 15.)

Zwischen Fruchtwand und Samenanlage besteht ein Zwischenraum. Dieser ist in jedem Fruchtknoten zu sehen; seine Breite ist aber eine sehr verschiedene, in einigen Fällen kaum wahrnehmbar, in anderen sehr beträchtlich; auch ist er immer am Scheitel des Nucellus viel breiter als an anderen Stellen, unter der Chalazaregion immer sehr schmal oder überhaupt nicht wahrzunehmen. Die Dimension, die er besitzt, ist gewiß von der kontrahierenden Wirkung des Fixierungsmittels verursacht, wie dies auch Murbeck für die Fruchtknoten von *Alchemilla arvensis* (L.) *Scop.* annimmt;[1] diese Wirkung dürfte aber kaum so stark sein, um eine so breite Ovarialhöhle hervorzurufen, wenn ursprünglich keine vorhanden gewesen wäre, weshalb ich geneigt bin, zu glauben, daß in allen Fällen ein mehr minder breiter Zwischenraum besteht. Der Verlauf des Pollenschlauches stützt diese Annahme; davon wird später die Rede sein.

[1] Murbeck, S. Das Verhalten des Pollenschlauches bei Alchemilla arvensis (L.) Scop. und das Wesen der Chalazogamie. (Lund 1901). S. 4.

Was den Nucellus und den Embryosack anbelangt, so zeigen diese nichts besonderes. Die Entwicklung des Embryosackes und seiner Elemente habe ich nicht verfolgen können, da alle geschnittenen Objekte dafür zu alt waren; übrigens hatte das mit der Aufgabe direkt nichts zu tun. Alle untersuchten Embryosäcke waren vollkommen entwickelt, so daß die inneren Organisationsverhältnisse genau betrachtet werden konnten. Der Embryosack hat eine längliche, beinahe zylindrische Form; nur an der Oberseite, das ist an der Eiapparatregion, ist er etwas breiter; alle Elemente sind vorhanden, der Eiapparat besteht aus der Eizelle und aus den Synergiden; erstere unterscheidet sich von den letzteren dadurch, daß ihr Kern rund, während der der Synergiden etwa ovalförmig ist und in etwas älteren Stadien auch durch ihre Größe; die Polkerne liegen in der Mitte des Embryosackes und sind den Kernen der Synergiden gleich; sie liegen anfangs getrennt, vereinigen sich aber bald zur Bildung des Zentralkernes, aus welchem dann das Endosperm entsteht. Die Antipoden sind in der Zahl 3 immer vorhanden und besetzen den unteren Teil des Embryosackes. Nach der Entstehung des Embryos sind sie nicht mehr zu sehen; wahrscheinlich werden sie resorbiert.

2. Verlauf des Pollenschlauches.

a) Verlauf durch den Griffel.

Auf die Narbe angekommen, treibt das Pollenkorn den Pollenschlauch, welcher gleich in das Gewebe der Narbe eindringt. Diese besteht aus langgestreckten, zylindrischen, nach außen ein wenig papillös hervorgewölbten Zellen, deren Wand eine beträchtliche Dicke besitzt. Der Durchgang des Pollenschlauches wurde nicht beobachtet aus dem Grunde, weil nur sehr wenige Narben geschnitten wurden. Die Struktur derselben läßt aber vermuten, daß das Eindringen in der gewöhnlichen Weise stattfindet, nämlich mittels Durchdringung zwischen den einzelnen Zellen. Die frischen Narben sind mit einer Art Schleim bedeckt, welcher wohl gewiß die den chemotaktischen Reiz auf die Pollenkörner ausübende Flüssigkeit repräsentiert.

Nachdem der Pollenschlauch die Narbe passiert hat, kommt er in den Griffel. Dieser besteht, wie aus den Fig. 2 und 4

ersichtlich ist, aus zwei untereinander sehr verschiedenen Geweben, aus einem äußeren und aus einem inneren. Das erstere ist von zwei oder drei Schichten langgestreckter, zylindrischer, unter sich gleicher Zellen gebildet; das Innere setzt sich aus kleinen, unregelmäßigen, plasmareichen Elementen zusammen. Diese sind miteinander ohne Interzellularen verbunden, besitzen eine dicke Wand, einen großen Kern und ihr Inhalt zeigt eine fein granulöse Struktur.

Es ist also kein Griffelkanal vorhanden, sondern ein ausfüllendes Leitgewebe (»tissu conducteur plein« von G. Capus [1]) welches durch das Zusammenwachsen der papillösen Zellen des Griffelkanals entstanden ist. In dieses Gewebe dringt der Pollenschlauch ein, um dort während des ganzen Verlaufes durch den Griffel zu verbleiben. In diesem Zustande sind die Pollenschläuche (es treten mehrere in den Griffel) besonders an den Hämatoxylinpräparaten sehr deutlich zu sehen. Sie schauen wie tief schwarz gefärbte, schlangenförmig gebogene Bänder aus, besitzen eine dicke, stark lichtbrechende Wand und werden beim Schneiden, da ihr Verlauf kein gerader ist, mehrfach abgeschnitten.

Was die Art des Durchdringens durch dieses Gewebe betrifft, glaube ich in den Präparaten genaue Erklärung gefunden zu haben. Die Griffel, in welche die Pollenschläuche eingetreten sind, fallen durch ihr Aussehen auf. Das ganze Gewebe erscheint nämlich kollabiert. Wände sind größtenteils nicht mehr zu unterscheiden, ebenso die Kerne; das Protoplasma sieht wie eine stark gefärbte, brüchige Masse aus. Für diesen Zustand des Gewebes ist die Aufklärung nur in der Annahme zu finden, daß es als Leit- und Ernährungsgewebe für den Pollenschlauch fungiert.

Für diese Annahme findet man auch in den Arbeiten von Capus und Dalmer [2] genügende Stützpunkte. Dieser gelangt zu der Auffassung, »daß die Pollenschläuche in einem von der Narbe bis zur Mikropyle gebildeten Sekrete wachsen, aus dem

[1] Capus, C. Anatomie du tissu conducteur (Annales de science naturel botanique). 1878. 6. Sér. T. VII. S. 282.

[2] Dalmer, M. Über die Leitung der Pollenschläuche bei den Angiospermen (Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften. 1880. Bd. XIV).

sie ebenso, wie aus einer Zuckerlösung ihre Nährstoffe beziehen. Das Sekret wird vom Leitgewebe gebildet...«[1] Dabei spricht er von den oberflächlichen Leitgeweben, wie ein solches im Griffel die Epidermis des Griffelkanals ist. Bei *Sibbaldia* existiert kein Griffelkanal mehr, sondern nur ein ausfüllendes Leitgewebe; da dieses nun durch das Zusammenwachsen der papillösen Elemente der Epidermis des Kanals entstanden ist,[2] so kommen ihm natürlich die Eigenschaften seiner Erzeuger, nämlich die Leit- und Ernährungsfunktionen zu. Die Beschreibung der Papillen, die Dalmer gibt und die seiner Arbeit beigegebenen zahlreichen Abbildungen stimmen mit dem Aussehen des Leitgewebes von *Sibbaldia* vollkommen überein;[3] der Inhalt der Elemente ist nach Dalmer meist dicht, feinkörnig, zeigt also dieselbe Struktur wie bei *Sibbaldia*.

Auch Capus schreibt dem Leitgewebe jene Charaktere zu,[4] die es bei *Sibbaldia* besitzt. Überdies scheint das Kollabieren der Zellen, welches im Griffel dieser Pflanze beim Durchgehen des Pollenschlauches stattfindet, einige Analogie mit der »Dissociation du tissu conducteur«, von welcher Capus spricht, zu haben.[5] Die Aufquellung (gélification) der Wände, welcher bei den von Capus beobachteten Fällen die Dissociation folgt, kommt wahrscheinlich auch bei *Sibbaldia* vor und ist dort eine der nächsten Ursachen der Kollabierung der Zellen des Gewebes, welche den Zweck haben dürfte, dem Pollenschlauche den Weg zu erleichtern. In diesem Sinne drückt sich auch Capus aus: »Dans le tissu conducteur plein, la descente du boyau ne doit pas être difficile après la gélification des parois...«

Aus der Beobachtung der Präparate und aus der Ähnlichkeit mit anderen Pflanzen muß man zum Schlusse kommen, daß bei *Sibbaldia* der Pollenschlauch während seines ganzen Verlaufes durch den Griffel vom inneren Gewebe desselben geleitet und ernährt wird.

---

[1] l. c. S. 558.

[2] Capus l. c. S. 250. Formation du tissu conducteur plein.

[3] Dalmer l. c. Taf. 24, Fig. 38—42, 51—54.

[4] Capus l. c. S. 261.

[5] l. c. S. 257.

b) Verlauf durch die Fruchtknotenwand zum Integumente.

Nachdem der Pollenschlauch den Griffel durchschritten hat, befindet er sich in der Fruchtknotenwand; er wechselt hier seine Richtung, indem er sich gegen das Ovulum zu wendet; er geht quer durch das Fruchtblatt und tritt in die Ovarialhöhle ein (Fig. 1 und 8). Das Gewebe, durch welches er hier verläuft, besteht aus kleinen, isodiametrischen, ohne bestimmte Orientierung miteinander verbundenen Zellen. Durch dieses Gewebe bricht sich der Pollenschlauch einen Weg dadurch, daß er die einzelnen Zellen verdrängt. Die Art des Verlaufes wird hier also geändert; das Gewebe ist kein Leitgewebe mehr und der Pollenschlauch arbeitet sich mechanisch weiter; dementsprechend bleibt das Gewebe unverändert. Nach der Durchschreitung der Fruchtknotenwand tritt der Pollenschlauch in die Ovarialhöhle ein, welche an dieser Stelle bogenförmig in die Fruchtwand eindringt, so daß sie sich sozusagen dem Pollenschlauche entgegen erstreckt. Der Eintritt in diese Höhle beweist, daß der Pollenschlauch die Fähigkeit, durch Hohlräume zu wachsen, noch nicht eingebüßt hat.

Das Verweilen des Pollenschlauches in der Ovarialhöhle dauert aber nur sehr kurz, und zwar nur bis an der Stelle, wo dieselbe ihre Richtung ändert. An diesem Punkte nimmt er das interzellulare Wachstum wieder auf, indem er in das Gewebe des Integumentes eindringt. Die Fig. 8 zeigt sehr deutlich das Verlaufen des Pollenschlauches im Fruchtblatte, in der Ovarialhöhle, seinen Eintritt und teilweise den Verlauf im Integumente. Im betreffenden Präparate ist sein Eintritt ins Integument durch eine brüchig aussehende Zelle (Fig. 8 Z) gekennzeichnet; diese wurde wahrscheinlich vom Pollenschlauche beim Eindringen getötet.

c) Verlauf durch das Integument zum Eiapparate.

Wie aus der Fig. 8 ersichtlich ist, dringt der Pollenschlauch nicht tief ins Gewebe des Integumentes, sondern wendet sich gleich nach seinem Eintritte in dasselbe gegen den Gipfel des Nucellus zu. Seinen weiteren Verlauf schildern die Figuren 3,

5, 6, 7, 9. Auch an diesen bemerkt man, daß er immer unter der ersten Zellschichte verläuft. Daß dieses vom anatomischen Baue des durchgeschrittenen Teiles des Integumentes abhängig ist, scheint kaum zweifelhaft zu sein. Dieses besteht an der Seite aus zwei differenzierten Geweben; das Erste ist aus einer einzigen Zellschichte gebildet, welche die äußerste Zellschichte der Samenanlage repräsentiert und aus regelmäßigen viereckigen, miteinander dicht verbundenen Zellen zusammengesetzt ist. Zwischen dieser und dem Nucellus gibt es ein vom Ersteren ganz verschiedenes, aus unregelmäßigen, meist rundlichen oder ovalen, immer aber ganz unregelmäßig angeordneten Zellen gebildetes Gewebe. An der Berührungslinie dieser beiden Zellkomplexe bleiben Interzellulare frei, welche dem Pollenschlauch einen sehr leichten Weg zum Eindringen bieten. In der Tat schlägt der Pollenschlauch den Weg in diesen Interzellularen ein und verläuft auf diese Weise, immer unter der ersten Zellschichte, durch das Integument bis an die Spitze des Nucellus. In diesem Stadium war es sehr schwierig, den Pollenschlauch zu sehen. Die Fig. 3 ist nach dem einzigen Präparate abgebildet, an welchem ich ihn im Mittelteile seines Verlaufes durch das Integument zu sehen bekam, während ich von den anderen Stellen in einer ziemlich ansehnlichen Zahl von Schnittserien sehr klare Beispiele zur Verfügung hatte. Dasselbe widerfuhr auch Murbeck, welchem es »nur am Grunde des Integumentes und gegen den Scheitel des Ovulums hin gelang, den Pollenschlauch in einer Anzahl von Präparaten stark hervortretend zu erhalten«.[1] Überdies zeigt die obenerwähnte Figur, wie der Pollenschlauch schwächer tingiert und schmäler erscheint. Die Ähnlichkeit dieses Falles mit dem von Murbeck beschriebenen führt mich zur Annahme, daß auch bei *Sibbaldia* dasselbe wie bei *Alchemilla arvensis* geschieht, daß nämlich »der Pollenschlauch bei seinem Verlaufe durch das Ovulum an Stärke bedeutend beeinträchtigt erscheint«.[2] Diese Erscheinung könnte man hier folgenderweise erklären: Da der Pollenschlauch in den Interzellularen einen offenen Weg findet, kann er sich viel rascher als irgendwo anders entwickeln. Die rasche Weiter-

[1] Murbeck l. c. S. 8.
[2] Murbeck l. c. S. 9.

entwicklung in der Länge erlaubt ihm aber nicht die frühere Dicke zu behalten, denn er kann seinen Inhalt nicht vermehren, so daß der ursprüngliche Inhaltsstoff auf eine viel größere Länge verteilt wird; mit dem Zunehmen an Länge steht also ein Abnehmen an Dicke in Zusammenhang. Daß die Zellen des Integumentes während des Verlaufes des Pollenschlauches durch dasselbe für seine Ernährung nicht in Betracht kommen, geht aus der Beobachtung des betreffenden Präparates hervor; dort sind die Elemente, die sich mit dem Schlauche in Berührung befinden, ungestört, der Kern wie die Wände sind vollkommen intakt, also gerade das Gegenteil wie im Griffel. Alles deutet darauf hin, daß auch während des Verlaufes durch diesen Teil des Integumentes das Wachstum des Pollenschlauches mechanisch verläuft.

Nun kommt er auf die oben beschriebene Weise zum Gipfel der Samenanlage, wo er eine Wendung machen soll, um den Embryosack zu erreichen. Der Teil des Integumentes, den er dabei durchschreitet, unterscheidet sich vom übrigen Gewebe und ist von ganz unregelmäßig gestalteten und angeordneten Zellen gebildet; nicht einmal die äußerste Schichte, die sich sonst wie eine Kappe um die Samenanlage erstreckt, ist hier in den meisten Fällen zu unterscheiden. Es ist nicht schwer, eine Aufklärung für die Anwesenheit eines solchen Gewebes zu finden, wenn man bedenkt, daß hier die Verschmelzung der emporgewachsenen Ränder des Integumentes stattgefunden hat, welche das Verschwinden der Mikropyle zur Folge hatte.

Den Verlauf durch diese Strecke schildern die Fig. 5, 6, 7; besonders klar und belehrend ist die Erstgenannte, wo der Pollenschlauch von dem Austreten unter der ersten Zellschichte bis zum Eintritte in den Embryosack vollkommen deutlich zu sehen ist. Auffallend ist die Fig. 6. In dieser errinnert die Struktur der Zellen an die Elemente des Griffels; die Wände sind stark gequollen und das Plasma sowie der Kern scheinen irgend einen Einfluß gelitten zu haben. Die Erklärung dieses Zustandes des Gewebes ist unschwer, wenn man bedenkt, daß dem Pollenschlauche das Eindringen durch diesen Teil des Integumentes durch den Mangel an Interzellularen und durch die unregelmäßige Anordnung der Elemente bedeutend erschwert wird;

es ist also irgend eine Vorrichtung notwendig, die das Eindringen erleichtert. Diese Vorrichtung ist hier das Aufquellen der Wände — und in der Tat folgt der Pollenschlauch dem Wege der aufgequollenen Wände.

Nach dem Gesagten kann man die Annahme nicht für gewagt halten, daß der Zustand des oberen Teiles des Integumentes nach dem Eintritte des Pollenschlauches in dasselbe das Produkt eines Zerstörungsprozesses sei, welcher den Zweck hat, dem Pollenschlauche den Weg zu erleichtern.

Nachdem der Pollenschlauch den oberen Teil des Integumentes passiert hat, tritt er in die Eizelle ein; das ist aus der Fig. 5 ersichtlich. Die Prozesse, die sich nach seinem Eintritte im Embryosacke abspielen, wurden nicht untersucht.

Das Produkt der Befruchtung, der Embryo, war nur in zwei der geschnittenen Fruchtknoten schon vorhanden; in diesen war auch schon ein mehrzelliges Endosperm gebildet.

3. Allgemeine Betrachtungen.

Aus der obigen Schilderung der Resultate meiner Untersuchungen geht hervor, daß in *Sibbaldia procumbens* L. ein neuer Fall vorliegt, in welchem der Pollenschlauch interzellularen Verlauf hat. Nachdem er nämlich in die Fruchtknotenhöhle eingetreten ist, setzt er nicht seinen Weg durch diese fort, sondern tritt sehr bald ins Gewebe des Integumentes, um durch diesen Weg den Gipfel des Ovulums und den Eiapparat zu erreichen. Im Zusammenhange mit dem Verhalten des Pollenschlauches steht der Bau der Samenanlage, deren Integument sich vollkommen schließt, ohne eine Mykropyle frei zu lassen.

Der interzellulare Verlauf des Pollenschlauches ist eine im Pflanzenreiche nicht selten vorkommende Erscheinung. Treub[1] veröffentlichte im Jahre 1891 seine Betrachtungen über die Befruchtung bei den *Casuarineen*, durch welche bekannt wurde, daß bei diesen Pflanzen der Pollenschlauch, immer interzellular

[1] M. Treub. Sur les Casuarinées et leur place dans la système naturel (Ann. du Jardin botanique de Buitenzorg, publiées par M. Treub. Vol. X. Leide 1891).

verlaufend, durch die Chalaza die Eiapparatregion erreicht. Er nannte die bemerkenswerte Erscheinung Chalazogamie und machte den Vorschlag, von den übrigen Angiospermen diese Familie zu trennen und die Unterordnung »Chalazogames« zu bilden. Später wurde Chalazogamie auch bei anderen Pflanzen entdeckt, so von Nawaschin bei *Betula alba*[1] und *Juglans regia*,[2] von M. Benson bei *Corylus, Carpinus* u. s. w.[3] Ferner wurde bei *Ulmus* (Nawaschin),[4] *Cucurbita* (Longo)[5] und *Alchemilla arvensis* (Murbeck)[6] interzellularen Verlauf des Pollenschlauches konstatiert. Letzterer bediente sich auch bei dem von ihm studierten Falle des Ausdruckes »Chalazogamie«, doch gewiß nicht mit Recht, denn bei *Alchemilla arvensis* kommt der Pollenschlauch mit der Chalaza nur flüchtig in Berührung, der Hauptweg für ihn wird aber nicht von der Chalaza, sondern vom Integumente gebildet. So kann man keineswegs von Chalazogamie bei der *Ulme* und bei den *Cucurbitaceen* sprechen, wiewohl auch hier der Pollenschlauch strengen interzellularen Verlauf hat; für die letztgenannte Familie bedient sich Longo des gewiß richtigeren und jedenfalls für alle Fälle verwendbaren Ausdruckes »Endotropischer Verlauf« und Porsch unterscheidet mit Recht zwischen einer »echten« und »scheinbaren Chalazogomie«.[7]

Von den verschiedenen Autoren wurden verschiedene Meinungen über die Bedeutung und den phylogenetischen Wert

[1] Nawaschin, S. Über die gemeine Birke und die morphologische Deutung der Chalazogamie (Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St. Petersbourg, VII. Série, T. XLII, No. 12.)

[2] id. Ein neues Beispiel der Chalazogamie. Bot. Ctlbl. LXIII, S. 353.

[3] M. Benson. Contributions to the Embryologie of the Amentiferae. (The Transaction of the Linnean Society of London. 2. Série. Botany. Vol. III, Part. 10, London 1894.)

[4] Nawaschin. Über das Verhalten des Pollenschlauches bei der Ulme. Bulletin de l'Académie Impérial des sciences de St. Petersbourg. Ve Serie, Band VIII, No. 5 (Mai 1898).

[5] Longo. Ricerche sulle Cucurbitacee ed il significato del percorso intercellulare (endotropico) del tubetto pollinico. (Reale Accademia dei Lincei. Anno CCC—1903.)

[6] Murbeck l. c.

[7] O. Porsch. Der Spaltöffnungsapparat von Casuarina und seine phyletische Bedeutung (Österr. Bot. Zeitschr. 1904, Nr. 1 u. ff.)

der Chalazogamie und des interzellularen Verlaufes des Pollenschlauches ausgesprochen.

Was zunächst die Ursache des interzellularen Verlaufes des Pollenschlauches betrifft, glaubte zuerst Nawaschin, daß sie in der Segmentation der Placenta liege und behauptete, es würde Chalazogamie in Pflanzen mit einer einzigen terminalen Samenknospe nicht gefunden werden.[1] Nicht lange später entdeckte aber Nawaschin selbst Chalazogamie bei *Juglans regia* und in der Arbeit, die er darüber veröffentlichte, mußte er seine Meinung insofern ändern, daß er zum Schlusse kam, die Veranlassung für den Pollenschlauch, ins Gewebe zu dringen, die Unfähigkeit, durch Hohlräume zu wachsen, sei.[2] Letztere wurde als besser begründet auch von Murbeck angenommen.

Nun zeigte Longo, daß auch dem Pollenschlauche jener Pflanzen, bei welchen er interzellularen Verlauf hat, die Fähigkeit zukommt, durch Hohlräume zu wachsen und drückte sich auf Grund auch anderer Beobachtungen folgendermaßen aus: »Der vom Pollenschlauche eingeschlagene Weg ist von der Anwesenheit besonderer chemotaktischer Substanzen bestimmt, welche bei den ersteren (bei Pflanzen mit endotropischem Verlaufe des Pollenschlauches) im Inneren, wie bei den letzteren (Porogamen) an der Oberfläche der Gewebe zur Entwicklung kommen«.[3]

Wie steht es nun mit *Sibbaldia*?

Bei dieser Pflanze zeigt der Pollenschlauch ein merkwürdiges Verhalten insofern, als er in die Fruchtknotenhöhle eintritt, um dann wieder ins Gewebe einzudringen. Überdies zeigten noch die Resultate einiger von mir angestellten Versuche, daß er durch Hohlräume wachsen kann. Ich ließ nämlich auf einem Objektträger in feuchter Kammer mit Abschluß jedes Nährstoffes Pollenkörner von *Sibbaldia* keimen und die größte Zahl derselben trieb nach kurzer Zeit einen langen zylindrischen Schlauch, welcher sich auch verzweigte.

Der Pollenschlauch hat also die Fähigkeit, durch Hohlräume zu wachsen, nicht verloren. Warum setzt er dann, wenn

[1] Nawaschin. Über die gemeine Birke etc. S. 34.

[2]) Nawaschin. Bot. Zentralblatt Bd. LXIII, S. 355.

[3] Longo l. c. S. 21.

er einmal in die Höhle eingetreten ist, diesen Weg nicht fort, sondern dringt wieder ins Integument ein? Das Fehlen der Mikropyle kann für die Antwort auf diese Frage nicht in Betracht kommen, da man es als eine Folge, keineswegs als die Ursache des interzellularen Wachstums ansehen soll. Die Meinung Longo's bringt auch keine Erklärung, denn der Weg des Pollenschlauches durch die Interzellulare spricht nicht für die Annahme einer Ausscheidung seitens des Integumentes. Übrigens ist diese Annahme für die *Cucurbitaceen* wohl berechtigt, denn dort verläuft der Pollenschlauch fortwährend im Leitgewebe; sehr fraglich ist aber ihre Richtigkeit in Bezug auf jene Pflanzen, wo, wie z. B. bei *Ulmus, Betula* u. a. der Pollenschlauch mechanisch verläuft. Bei *Sibbaldia* benützt der Pollenschlauch die anatomischen Verhältnisse des Fruchtknotens, so das Leitgewebe im Griffel, die Struktur der Ovarialhöhle, die ihm entgegenreicht, die Interzellularen des Integumentes, um sich eine leichte Bahn zu brechen; da nun diese Bahn auch die möglichst kürzeste ist, glaube ich, folgende Erklärung geben zu können: Die Veranlassung für den Pollenschlauch von *Sibbaldia*, interzellular zu wachsen, liegt in dem Suchen nach dem leichtesten und zugleich kürzesten Wege.

Nach der Ähnlichkeit des Fruchtknotens zu urteilen, dürfte die Ursache bei *Alchemilla arvensis* (L.) *Scop.* kaum eine andere sein.

Über die Bedeutung des interzellularen Wachstums des Pollenschlauches für die Entwicklungsgeschichte herrschen zwei verschiedene Meinungen: Nawaschin hält die Erscheinung für eine frühere, Murbeck für eine spätere als die Porogamie. Der Erstere fügt seiner bereits zitierten Arbeit über die *Birke* ein Schema an,[1] in welchem die Übergangsstadien von der Befruchtung der Gymnospermen bis zum typischen Fruchtknoten der Angiospermen angegeben sind; alle vier Stadien, die dort das interzellulare Wachstum repräsentieren, besitzen eine normal entwickelte Mikropyle. Aus der Anwesenheit derselben glaubte Murbeck folgern zu können, daß alle Fälle von

[1] Nawaschin. Über die gemeine Birke. S. 33.

Endotropismus als Erscheinungen späteren Datums zu betrachten sind;[1] er behauptete nämlich, die Mikropyle würde nicht existieren, wenn sie nicht schon in Betracht gekommen wäre. Dagegen kann man einwenden, daß die Mikropyle bei *Casuarina*, *Betula* u. s. w. nicht als erst bei diesen Spezies zur Bildung gelangtes Organ, sondern nur als Rest der bei den Gymnospermen existierenden Pollenkammer aufzufassen ist. Diese bleibt erhalten, wenn auch zunächst bei der Befruchtung funktionslos und wird später bei der Porogamie gebraucht. Das Vorhandensein der Mikropyle liefert also keinen maßgebenden Beweis für die Bestimmung des Alters der einzelnen Fälle.

Bei *Alchemilla arvensis* ist es anders; die Mikropyle ist nicht mehr vorhanden; nachdem der Pollenschlauch den interzellularen Weg einschlug, schloß sich das Integument vollkommen. Bei unserem Falle, bei *Sibbaldia*, geschah dasselbe.

Es genügt, die Fig. 1 dieser mit der Fig. 1 von Murbeck's Arbeit zu vergleichen, um sich von der Ähnlichkeit dieser beiden Fälle zu überzeugen. Diese Ähnlichkeit, die natürlich mit der Gleichheit im Fruchtknotenbaue zusammenhängt, ist nur von zwei Abweichungen gestört; bei *Sibbaldia* tritt der Pollenschlauch in die Fruchtknotenhöhle und verläuft, obwohl nur flüchtig, in derselben; später kommen dem Integumente von *Sibbaldia* die Eigenschaften eines Leitgewebes nicht zu und der Pollenschlauch verläuft durch dasselbe mechanisch. Das Wesen des interzellularen Verlaufes bleibt aber bei beiden Pflanzen dasselbe. Deshalb schließe ich mich bezüglich des Pollenschlauches von *Sibbaldia procumbens* L. der Meinung Murbeck's an, indem ich seinen interzellularen Verlauf als eine Erscheinung späteren Datums als die Porogamie betrachte.

Zusammenfassung der Resultate des I. Teiles.

1. *Sibbaldia procumbens* L. zeigt einen neuen Fall von Endotropismus des Pollenschlauches — dieser bricht sich, statt durch die Ovarialhöhle zu wachsen, einen Weg durch das Gewebe des Integumentes.

---

[1]) Murbeck l. c. S. 17.

2. In Zusammenhang mit dem Verhalten des Pollenschlauches steht die Struktur des Integumentes, welches sich vollkommen schließt, ohne eine Mikropyle frei zu lassen.

3. Die Veranlassung für den Pollenschlauch, durch das Gewebe zu dringen, liegt im Suchen nach dem kürzesten und leichtesten Wege.

4. Die Erscheinung ist als eine spätere als die Porogamie aufzufassen.

II. Teil.

Wie schon in der Einleitung angedeutet wurde, ist bei *Sibbaldia* der Fall ziemlich häufig daß in demselben Nucellus mehr als ein Embryosack zur Entwicklung gelangt. In solchen Fällen sind gewöhnlich zwei Embryosäcke nebeneinander entwickelt; doch habe ich ausnahmsweise deren drei und in einem einzigen Nucellus sogar fünf beobachtet. Alle vorkommenden Embryosäcke sind vollkommen entwickelt, alle Elemente sind in ihrem Inneren vorhanden, sie besitzen ungefähr dieselbe Größe und liegen dicht aneinander, nur von einer Wand getrennt. Sie zeigen eine große Ähnlichkeit mit den Embryosäcken von *Alchemilla*-Arten, bei welchen, wie Murbeck gefunden hat, auch deren viele zu stande kommen.[1]

Strassburger[2] hat dasselbe Verhalten bei *Rosa livida* nachgewiesen. Da nun *Sibbaldia* mit *Rosa* und *Alchemilla* zu einer Familie gehört, ist das Vorhandensein mehrerer Embryosäcke als kein besonders merkwürdiger Fall zu betrachten; auch hier besitzen alle Zellen des sporogonen Gewebes die Fähigkeit, zu Embryosäcken auszuwachsen und in der Tat bilden sich oft mehrere zu solchen aus.

Bei weitem interessanter sind die in Fig. 13, 14, 15 dargestellten Samenanlagen; in diesen sind zwei, respektive drei Embryosäcke in ganz getrennten Partien des Nucellus zur Entwicklung gekommen. Sie sind voneinander durch Nucelluselemente getrennt, im übrigen zeigen sie ein ganz normales Verhalten.

[1] Murbeck. Parthenogenetische Embryobildung bei der Gattung Alchemilla.

[2] Strassburger. Die Angiospermen und die Gymnospermen.

Eine Erklärung für diese Fälle dürfte kaum schwer zu finden sein. Eines muß vor allem angenommen werden: daß nämlich zwei sporogone Gewebe vorhanden gewesen sein müssen, um in verschiedenen Teilen der Samenanlage Embryosäcke zu entwickeln; da nun aber in jeder Samenanlage stets nur ein solches Gewebe angelegt wird, ist die Anwesenheit von zwei derselben nur durch die Annahme erklärlich, daß der vorliegende Fall das Produkt der Verbindung von zwei Samenanlagen sei. Auch ist die Art und Weise, in der die Verbindung stattgefunden hat, nicht schwer festzustellen. Anfangs dürften zwei Ovularhöcker dicht nebeneinander gebildet worden sein; diese verhinderten beim Wachsen durch ihr Zusammendrängen das Integument in seiner Entwicklung derart, daß zwischen ihnen überhaupt kein solches gebildet wurde, weshalb die Nucellen, die aus den Höckern entstanden, ohne Trennung aneinander zu liegen kamen und der äußere Teil des Integumentes die Hülle für beide bildete; endlich vereinigten sie sich durch Verschmelzung ihrer Elemente und so kam ein einziges Nucellus mit zwei sporogonen Geweben zu stande; von diesen bildete dann ein jedes seinen Embryosack. Das Integument konnte nicht so rasch wachsen, um sich am Scheitel schließen zu können, so daß der obere Teil des Nucellus nackt blieb. Die Fig. 18 und 14 zeigen am Gipfel des Ovulums eine Einschnürung (Ei), welche die Stelle, an der die Verschmelzung stattgefunden hat, andeuten dürfte.

Aus dem Gesagten kann abgeleitet werden, daß in den besprochenen Fällen am Fruchtknoten in seinem Jugendstadium zwei Samenanlagen angelegt wurden. Da solche Fälle selten auftreten (unter 250 Frucktknoten fand ich deren nur drei), dürfte man sie vielleicht als Rückschlagsfälle zu betrachten haben, indem man annimmt, daß die Vorfahren von *Sibbaldia* eine mehrsamige oder wenigstens zweisamige Frucht produzierten.

Diese Annahme findet überdies eine Bestätigung durch die Betrachtung der Fig. 12, welche den Querschnitt durch einen Fruchtknoten darstellt. Es sind dort zwei Samenanlagen zu sehen, die voneinander ganz getrennt sind, und deren jeder ein regelmäßig entwickeltes Integument besitzt; hier haben also die

Samenanlagen ihre komplette getrennte Entwicklung erlangen können, so daß man dieses Stadium als das den oben beschriebenen unmittelbar vorgehende betrachten kann. Es ist auch möglich, ein Schema zu bilden, dessen Glieder die Fig. 12, 13 (14), 15 sind und welches die Art zeigt, wie es im Fruchtknoten, durch Verwachsen von zwei Samenanlagen zu einer einzigen scheinbar einfachen Samenanlage kam.

Ob bei *Sibbaldia* Polyembryonie zur Entwicklung kommt, konnte nicht festgestellt werden. Die Fähigkeit, einen Embryo zu bilden, könnte ja jedem Embryosacke zukommen; denn sie sind alle vollkommen entwickelt; wahrscheinlich bleibt aber die wichtigste Bedingung, das ist die Befruchtung, aus; denn stets habe ich nur einen Pollenschlauch in eine Samenanlage eindringen gesehen.

Außer den vollkommen entwickelten Embryosäcken kommen in der Mehrzahl der Samenanlagen auch solche Gebilde vor, welche als in der Entwicklung zurückgebliebene Embryosäcke aufzufassen sind. Um die Antipodenregion und unterhalb derselben kommen rundliche oder ovale Gebilde vor, welche zumeist zwei Kerne enthalten. Ihre Zahl ist oft eine ansehnliche; sie kann bis 6 oder 7 betragen (Fig. 11), gewöhnlich sind aber deren 3 oder 4 zu sehen (Fig. 10). Aus ihrer Größe, ihrer Lage und aus der Ähnlichkeit ihrer Kerne mit denen der Embryosackelemente muß man sie als Embryosäcke betrachten und ihr Vorhandensein zeigt, daß wenigstens die erste Kernteilung in der Mehrzahl der Mutterzellen vor sich geht; mit der Zeit erringen eine oder einige derselben einen Vorsprung und entwickeln sich auf Kosten der anderen weiter.

Die Lage dieser Gebilde zeigt, daß sie immer aus den unteren Zellreihen des sporogonen Gewebes entstehen; demgemäß dürften die normalen Embryosäcke von den oberen gebildet werden; so erweist sich *Sibbaldia* als ein neuer Fall einer Rosacee, bei welcher der Embryosack aus den oberen sporogonen Zellreihen entsteht. Ein ähnliches Verhalten fand Strassburger bei *Rosa livida*.[1]

[1] Strassburger. Die Angiospermen und die Gymnospermen.

Solche unvollkommene Embryosäcke sind bei verschiedenen Pflanzen gefunden worden. Murbeck entdeckte sie bei *Alchemilla*-Arten und nannte sie »Miniaturembryosäcke«.[1] Bei diesen Pflanzen liegen sie dem normalen Embryosacke parallel, so daß sie als von denen der *Sibbaldia* entwicklungsgeschichtlich verschieden anzusehen sein dürften. Dasselbe gilt für die von Benson[2] bei *Carpinus* gesehenen und »abortive Embryosäcke« genannten Bildungen, welche oberhalb des Embryosackes liegen. Die sterilen Makrosporen, die Treub[3] bei *Casuarina* entdeckte, wo sie als Bahn für die Pollenschläuche dienen, dürften auch einen analogen Fall repräsentieren.

Was das Schicksal anbelangt, welches diese unvollkommenen Embryosäcke erleiden, wurde mit Sicherheit nichts beobachtet. In den zwei Fällen, in denen in dem geschnittenen Fruchtknoten ein Embryo schon entwickelt war, waren keine solche vorhanden und obwohl diese zwei Fälle keinen entscheidenden Beweis liefern können, halte ich es nicht für zu gewagt, zu sagen, daß sie nach der Bildung des Embryo und der Erweiterung des Embryosackes durch die Endospermbildung das Schicksal der anderen sporogonen Zellen eingehen, daß sie nämlich resorbiert werden.

Übersicht der Resultate des II. Teiles.

1. Der einsamige Fruchtknoten von *Sibbaldia* ist von einem mehr-, beziehungsweise zweisamigen abgeleitet anzusehen.

2. Oft können mehrere sporogene Zellen einer Samenanlage sich zu normalen Embryosäcken entwickeln.

3. Die obere sporogene Zellreihe liefert den normalen Embryosack, während von den unteren einige Zellen als unentwickelte Embryosäcke erhalten bleiben.

Zum Schlusse finde ich mich verpflichtet, Herrn Prof. R. v. Wettstein, unter dessen Leitung ich die Arbeit ausgeführt habe, für die mir gewährte freigebige Unterstützung den besten Dank auszusprechen.

---

[1] Murbeck. Parthenogenetische Embryobildung bei der Gattung Alchemilla.

[2] M. Benson l. c. Tafel 72, Fig. 51.

[3] Treub l. c. S. 180.

Verzeichnis der Literatur.

1. M. Treub. Sur les Casuarinées et leur place dans le système naturel. (Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, publiées par M. Treub. V. X. Leide 1891.)
2. S. Nawaschin. Über die gemeine Birke und die morphologische Deutung der Chalazogamie. (Mémoires de l'Académie Impériale des sciences de St. Petersbourg, VIIe Série, Tome XLII, N° 12.)
3. id. Ein neues Beispiel der Chalazogamie. Botanisches Centralblatt, LXIII, S. 353.
4. id. Über das Verhalten des Pollenschlauches bei der Ulme. (Bulletin de l'Académie Impériale des sciences de St. Petersbourg, V. Serie, Band VIII, Nr. 5. Mai 1898.)
5. M. Benson. Contributions to the Embryology of the Amentiferae. Part I. (The Transaction of the Linneau Society of London. 2. Serie, Botany. Vol. III, Part 10. London 1894.)
6. Aschkenasi. Endotropischer Verlauf des Pollenschlauches bei Plantago. (Botanisches Centralblatt. B. LXIII. S. 355, Anmerkung 3.)
7. S. Murbeck. Parthenogenetische Embryobildung bei der Gattung *Alchemilla*.
8. S. Murbeck. Über das Verhalten des Pollenschlauches bei *Alchemilla arvensis* L *Scop.* und das Wesen der Chalazogamie. (Lund 1901.)
9. B. Longo. Ricerche sulle Cucurbitacee ed il significato del percorso intercellulare (endotropico) del tubetto pollinico. (R. Accademia dei Lincei. Anno CCC 1903. Roma 1903.)
10. O. Porsch. Der Spaltöffnungsapparat von Casuarina und seine phyletische Bedeutung. (Österr. bot. Zeitschrift. Jahrg. 1904, Nr. 1 u. ff.)
11. H. Molisch. Zur Physiologie des Pollens mit besonderer Rücksicht auf die chemotropischen Bewegungen der Pollenschläuche. (Sitzungsbericht der Mat.-Nat.-Wiss. Klasse der k. k. Akademie der Wissenschaften. Bd. CII, S. 420. Wien 1893.)

12. M. Miyoshi. Über Reizbewegungen der Pollenschläuche. (Flora, Bd. 78 [1894] S. 76.)
13. M. Dalmer, Über die Leitung der Pollenschläuche bei den Angiospermen. (Jenaische Zeitschr. für Naturwiss. 1880, Bd. XIV. S. 39.)
14. C. Capus. Anatomie du tissu conducteur. (Annales de science naturelle botanique 1878, 6. Sér., T. VII, S. 282.)
15. H. Molisch. Über die Ursachen der Wachstumsrichtungen bei Pollenschläuchen. Sitzungsanzeiger der kais. Akademie der Wissenschaften in Wien, 17. Jänner 1889.
16. E. Strassburger. Die Gymnospermen und die Angiospermen.
17. id. Neue Untersuchungen über den Befruchtungsvorgang bei den Phanerogamen.
18. Ch. Schkuhr. Botanisches Handbuch. Wittenberg 1791.
19. A. v. Braune. Salzburgische Flora. Salzburg 1797.
20. J. Gaertner. De fructibus et seminibus plantarum.
21. J. Sturm. Deutschlands Flora.
22. W. D. J. Koch. Synopsis der deutschen und Schweizer Flora. Ed. 1.

Erklärung der Abbildungen.

Ps = Pollenschlauch.
I = Integument.
N = Nucellus.
E = Eizelle.
Frchtbl. = Fruchtblatt, respektive Fruchtknotenwand.
Fh = Fruchtknotenhöhle.
Es = Embryosack.

Fig. 1. Medianer Längsschnitt durch einen Fruchtknoten von *Sibbaldia* (schematisch) — links der Griffel mit der Narbe. — Der Verlauf des Pollenschlauches ist eingezeichnet.

Fig. 2. Querschnitt durch einen Griffel. Im Inneren das Leitgewebe (L). Aus einem Safraninpräparate.

Fig. 3. Stück des Integumentes mit einem Teile des Pollenschlauches, welcher in den Interzellularen verläuft (aus einem Safraninpräparate). Die Linie links zeigt den Rand des Fruchtblattes.

Fig. 4. Medianer Längsschnitt durch einen Griffel, in den noch kein Pollenschlauch eingedrungen ist (aus einem Safraninpräparate).

Fig. 5. Der Pollenschlauch im oberen Teile des Integumentes. Rechts unten der Embryosack mit der Eizelle und einer Synergide, deren Kern noch ersichtlich ist. In der Eizelle ist der Kern nicht zu unterscheiden; wahrscheinlich hat er sich schon geteilt. (Aus einem Hämatoxylinpräparate.) Die krumme Linie oben zeigt, wie in den anderen Präparaten, den Rand des Fruchtblattes.

Fig. 6. Oberer Teil der Samenanlage. Die Zellwände sind gequollen und man sieht den Verlauf des Pollenschlauches; unten zwei Embryosäcke. (Aus einem Hämatoxylinpräparate.)

Fig. 7. Verlauf des Pollenschlauches durch die Interzellulare unter der ersten Zellschichte. Auch hier sieht das Protoplasma schon verändert aus. (Aus einem Hämatoxylinpräparate).

Fig. 8. Verlauf des Pollenschlauches im Fruchtblatte, in der Fruchtknotenhöhle und im Integumente. Die Zelle (Z) ist vom Pollenschlauche beim Eindringen getötet worden. (Aus derselben Serie wie Nr. 6.)

Fig. 9. Partie des Pollenschlauches im Integumente kurz vor dem Einbiegen gegen den Embryosack. (Aus einem Hämatoxylinpräparate.)

Fig. 10. Längsschnitt durch den unteren Teil eines sporogenen Gewebes. Zeigt oben das untere Ende des normalen Embryosackes (N. E.) und unterhalb desselben fünf unentwickelte Embryosäcke. Die vier oberen zeigen nur einen Kern, wahrscheinlich deshalb, weil sie quer geschnitten sind. Der Untere ist der Länge nach geschnitten und besitzt zwei Kerne. (Aus einem Safranin-präparate.)

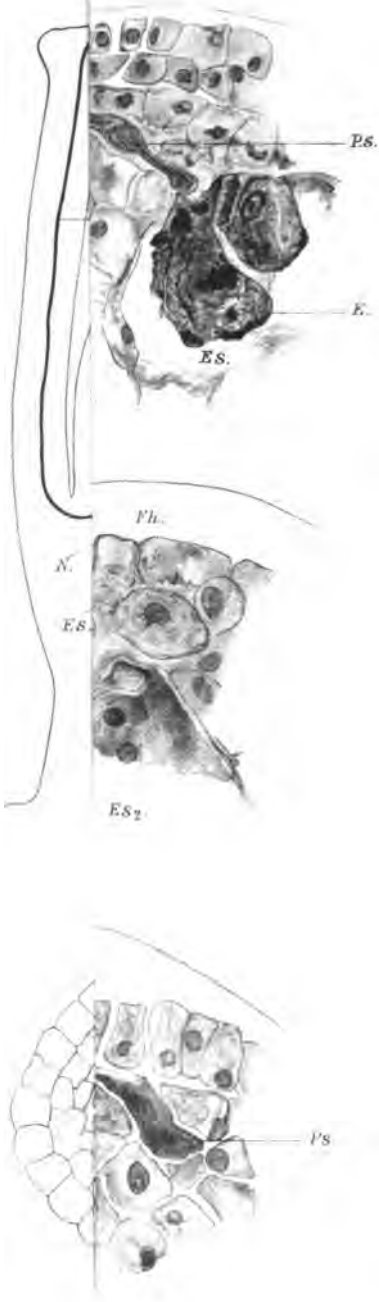
Fig. 11. Querschnitt durch den mittleren Teil eines Embryosackes mit zwei Antipoden (A). Ringsherum eine Anzahl unentwickelter Embryosäcke. (Aus einem Safraninpräparate.)

Fig. 12. Ein Fruchtknoten mit zwei Samenanlagen (schematisch aus einem Hämatoxylinpräparate).

Fig. 13 und 14. Zwei Schnitte aus derselben Serie, deren jeder einen Embryosack enthält. Zwischen beiden zeigt eine Einschnürung die Stelle, wo die Verschmelzung stattgefunden hat. (Aus einer Safraninserie.)

Fig. 15. Ein Fruchtknoten mit drei Embryosäcken. Das Integument ist, wie in den zwei oberen Figuren, nicht geschlossen. (Aus derselben Serie wie Fig. 6 und 8.)

NB. Mit Ausnahme der Figuren 1 und 12 sind alle übrigen mit Zeichenapparaten bei verschiedenen Vergrößerungen abgebildet worden.



Lith. Anst. v. Th. Hannewarth, Wien.

Über nutritive Verbindungen der Eizellen mit Nährzellen im Insektenovarium und amitotische Kernprozesse

(vorläufige Mitteilung)

von

Dr. **Heinr.** Ritter v. **Wielowieyski.**

(Mit 2 Tafeln.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 15. Dezember 1904.)

In den Jahren 1885 und 1886 habe ich einige Abhandlungen veröffentlicht,[1] welche den Bau des Insektenovariums, insbesondere die intimen Verbindungen zwischen den Eizellen und anderen Elementen der Eiröhre sowie die Umwandlungen des Kerninhaltes bei jungen Ovarialeiern behandelten.

Als Hauptergebnis diesbezüglicher Untersuchungen habe ich hiebei angegeben, daß die großkernigen Zellen, welche in der Endkammer der Eiröhren der Hemipteren enthalten sind und die von einigen Autoren (insbesondere Will) als Ooblasten angesehen werden — reine Dotterbildungselemente darstellen, die mit der Eibildung nichts gemein haben.

Diese Dotterzellen wurden von mir weiter als mit den Ausläufern der Eizellen — den schon von Lubbock bekannt gemachten Yelk-ducts — verbunden erklärt, wobei ich die

---

[1]) v. Wielowieyski: Zur Kenntnis der Eibildung bei *Pyrhocoris Apterus*. Zool. Anz. 1885. — Zur Morphologie des Insektenovariums. Zool. Anz. 1886. — O budowie jajnika u owadów (Über den Bau des Insektenovariums). Sitzber. der Nat. Mat. Abteilung der k. k. Akad. d. Wiss. Krakau 1886. — Das Keimbläschenstadium des Geschlechtskernes; ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Geschlechtsprodukte. Zool. Anz. 1886.

letzteren als pinselförmig verzweigt und mit ihren feinsten Verzweigungen bis an die ersteren herantretend darstellte.

Der Längsschnitt der Endkammer wurde somit derweise interpretiert, daß seine äußere zellige Schichte als Dotterzellen parenchym, die innere hyaline, längsstreifige Markschicht als ein Geflecht jener feinsten Dottergänge und deren Verzweigungen gekennzeichnet wurde.

Inwiefern diesbezügliche Polemik die Verhältnisse jener Elemente zueinander definitiv aufzuklären vermochte, erhellt aus dem Umstande, daß, obwohl meiner Darstellung teilweise schon damals, und durch keinen geringeren Forscher als es Professor Korschelt ist — Recht gegeben wurde, dennoch in gewissen Punkten bis auf die jüngste Zeit gewichtige Bedenken entgegengebracht wurden, so daß manches einer erneuerten Untersuchung zu unterziehen war, um den Sachverhalt wenigstens von morphologischer Seite endgültig festzustellen.

Insbesondere ist die Frage strittig geblieben, wie eigentlich die Markschicht der Endkammer beim Hemipterenovarium beschaffen ist — nachdem dieselbe von mir als ein kompliziertes Fasergeflecht, von anderen Forschern dagegen als ein flüßiger Brei aufgefaßt wurde, welcher aus der Auflösung der Zellen der Rindenschicht entstanden — von der Endkammer aus durch die Dottergänge den Eizellen zufließen und denselben sowohl Zellplasma, als auch sogar fertiges Kern-Chromatin zuführen sollte.

Durch diese Kontroverse veranlaßt, benützte ich die sich mir letzten Sommer darbietende Gelegenheit, meine diesbezüglichen Untersuchungen fortzusetzen und zu einer Reihe von Ergebnissen zu gelangen, die meine früheren Resultate einerseits vollkommen bestätigen, andererseits aber dieselben durch neue Daten vervollständigen.

Als Untersuchungsobjekt dienten mir dieselben Hemipteren wie früher, also: Pyrhocoris Notonecta, Cimex, außerdem aber auch Syromastes Nepa, Hydrometra, sowie verschiedene Cicadiden — dann aber auch Aphiden und verschiedene Käferarten, die ich zur Vergleichung herangezogen hatte.

Inwiefern mir diesmal die Schnittmethode eigentlich nichts besonders neues geliefert hat, was ich sonst nicht schon

in meiner polnischen Arbeit abgebildet hätte, so hat mir eine altehrwürdige Methode Ergebnisse gezeitigt, die einige von den hierher gehörenden Fragen endgültig zu lösen in der Lage sind.

Es ist die gewöhnliche Macerationsmethode.

In schwacher Essigsäure und Alkohol mehrere Stunden lang eingetaucht, können die Endkammern der Hemipteren in ihre einzelnen Elemente derart zerlegt werden, daß in diesbezüglichen, in Glyzerin untersuchten Stücken jede Zelle und jede Faser für sich untersucht und behandelt werden kann.

Ein Blick auf ein solches Macerationspräparat zeigt auf den ersten Blick die vollkommene Richtigkeit meiner ursprünglich auf Schnitten dargelegten Anschauung: die einzelnen jungen Eizellen werden mit ihren, oft ihre Längsdurchmesser beinahe ums 20fache übertreffenden Dottergänge herauspräpariert, wobei diese Yelk-ducts bis zu ihren feinsten Verzweigungen in der Endkammer zu verfolgen sind.

Das Bild, welches man hiebei bekommt (Fig. 1), erinnert an einen Blumenstrauß, dessen Stengel ungefähr im ersten Dritteil durch eine Zusammenschnürung fester aneinander gepreßt, in beiden entgegengesetzten Richtungen auseinandergehend, hier mit Eizellen, dort mit Dotterzellen verbunden sind, wobei strikt nach dem Vergleichsobjekte gegen die ersteren zu eine Verdickung, gegen die letzteren eine Verdünnung und Verzweigung der Stengel zu beobachten ist.

Den letzten Verzweigungen dieser Dottergänge, die sehr zart sind und leicht in Brüche gehen, haften die bekannten Nähr- oder Dotterzellen an, wobei zu konstatieren ist, daß die Verbindung durch das verjüngte Ende der im allgemeinen birnförmig gestalteten Dotterzellen stattfindet und eine so intime ist, daß man die Grenze zwischen der Zelle und dem aus ihr hervorsprossenden Faden nicht entdecken kann und denselben deshalb als einen integrierenden Ausläufer der Zelle ansehen muß.

Wie nunmehr die Ernährung der Eizelle der Hemipteren stattfindet, scheint von morphologischer Seite vollkommen aufgeklärt zu sein.

Die Eizelle schöpft nun nicht — wie es so viele Autoren behauptet haben — ihr Nährmaterial aus einer desorganisierten Plasmamasse, welche etwa als Detritus der Endkammerzellen zu gelten hätte, sondern sie wird durch ein System lebender Zellorgane gefüttert, die zum Teil als Pseudopodien (Dottergang und dessen Verzweigungen) zum Teil als Drüsenzellen (Dotterzellen der Endkammer) fungieren.

Alle Zerfallserscheinungen, die man in der Endkammer als Quelle der Nährsubstanz der Eizelle betrachtete (Korschelt, Stuhlmann, J. Groß, Lehrbuch von Korschelt-Heider u. a.), erweisen sich entweder — wie ich es schon l. c. behauptete — als Kunstprodukte, die bei der Präparierung dieser äußerst zarten Organe leicht entstehen und unseren Einblick in diese interessanten Ernährungswege vereiteln, oder dürften erst nach erfolgter Obliterierung diesbezüglicher Dottergänge stattfinden. Die Endkammerzellen erscheinen somit bei all den untersuchten Wanzenarten als drüsige Elemente, die zur Zeit ihrer Funktionsperiode ihre Individualität beibehalten und nur mittelst der pseudopodienartigen Ausläufer mit jungen Eizellen in Verbindung stehen, einen nutritiven Apparat derselben bildend.

Diesem Typus schließen sich am nächsten die Aphiden bei der Bildung der Wintereier an, wie es schon seinerzeit von Claus in Hauptumrissen bekannt gemacht wurde. An den Fortsätzen der Eizellen, die nach seiner Beschreibung in die aus wenigen Dotterzellen zusammengesetzte Endkammer herantreten, ist ebenfalls eine pinselförmige Verzweigung zu konstatieren, wobei die Verschmelzung je einer von diesen Endverzweigungen mit entsprechender Dotterzelle beobachtet werden kann (mir ist dies insbesondere bei Aphis platanoides gelungen). Der Unterschied von der vorhergehenden Gruppe besteht nur darin, daß, indem bei den Wanzen eine sehr große Anzahl Eizellen ihre Pseudopodien in die Endkammer entsenden und der Markraum der letzteren ein sehr kompliziertes Geflecht von feinen Fäserchen darstellt, hier nur je eine oder höchstens zwei Eizellen zu Wintereiern werden und das ganze Ernährungssystem somit ein viel einfacheres ist.

Als einen gewissen Übergang zu dieser Einrichtung könnten wir den Vorgang bei einigen sogenannten meroïstischen Ovarien der Hymenopteren und Lepidopteren anführen, wo hie und da mehr oder weniger stumpfe Fortsätze diesbezüglicher Eizellen in die darüberliegende Dotterkammer entsendet werden, ohne aber mittelst besonderer Verzweigungen mit den einzelnen Dotterzellen zusammenzuwachsen.

Anschließend an die Verhältnisse bei den Hemipteren müssen wir diejenigen bei den Coleopteren (mit Ausnahme der Carabiden und Dytisciden, die recht abweichende Verhältnisse zur Schau tragen) im Kurzen besprechen, da dieselben äußerlich denjenigen bei den Hemipteren ziemlich ähnlich, rücksichtlich ihrer feineren Struktur und Funktion mit denselben doch allzu weitgehend identifiziert wurden.

Bei *Geotrupes, Melolontha, Telephorus, Cantharis, Coccinella* und anderen, die ich untersuchte, habe ich schon l. c. eine Endkammer beschrieben, die mit derjenigen der Hemipteren auch darin übereinstimmt, daß sie oberhalb des Keimlagers eine parenchymatische Ansammlung gleicher, ziemlich großkerniger Zellen enthält.

Auf Längsschnitten, die ich schon damals anfertigte und die ich jetzt wiederholt aus frischem Material herzustellen die Gelegenheit hatte, ist mir auch jetzt vergönnt gewesen, mich zu überzeugen, daß diese Endkammern keine zellenlose Markschichte respektive »freie Plasmamasse« enthalten, aus welcher ein breiiger Zellendetritus den Eizellen entgegenfließen würde, um so weniger auch protoplasmatische Fortsätze der Eizellen enthalten, sondern in ihrem ganzen Innern von gleichartigen, dicht aneinanderliegenden, verhältnismäßig kleineren Zellen vollgestopft sind.

Die Zellen sind vieleckig abgeplattet, fest aneinandergepreßt, aber deutlich begrenzt und durch Maceration von einander trennbar. Im unteren Teile der Endkammer grenzen sie an das Keimlager, das heißt an die Anhäufung embryonaler Eizellen, die sich von ihnen an dieser Grenzlinie durch ihre verhältnismäßig kleinen, im weiteren Verlaufe gegen den unteren Teil der Eiröhre zu, immer wachsenden Dimensionen als reifende Eizellen unterscheiden.

bei den Aphiden, noch bei den Käfern, noch bei den Dotterzellen der meroïstischen Ovarien vorzukommen scheinen.

Diese Prozesse bestehen in amitotischer Kernteilung, die in diesen Zellen vorkommt, irrtümlich aber als eine mit cytolitischen Vorgängen innig verknüpfte Erscheinung betrachtet wurde, nachdem es feststeht, daß die Eiernährung nicht durch Auflösung der Dotterzellen stattfindet.

Inwiefern ich diesen letzteren Vorgang ganz abweichend deuten muß und eine Cytolyse nur eventuell nach vollkommenem Abschlusse der Tätigkeit jener Zellen für zulässig halte — glaube ich auf Grund diesbezüglicher Beobachtungen das Vorkommen der Amitose an jenen Zellkernen nicht bestreiten zu dürfen. Wiewohl ich nämlich die in der neuesten Arbeit von Groß[1] gezeichneten Kernbilder als zum großen Teile durch die Präparation verändert ansehen muß (was auch darin zum Ausdruck kommt, daß der Verfasser auf Grund derselben Präparate die Markschicht der Endkammer ganz irrtümlich als homogene Plasmamasse beschreibt) — habe ich dennoch so prägnante Achterfiguren und eingeschnürte Nucleolen zur Ansicht bekommen (Fig. 5, 7, 8), daß ich nunmehr keinen Zweifel mehr hege, daß es sich hier um amitotische Kernteilung oder Kernzerteilung handelt. Einen mittelbaren Beweis für diese Behauptung sehe ich außerdem in der Beobachtung, daß in den Endkammern der Larven dieser Tiere meist nur einkernige Dotterzellen vorkommen, wogegen die Zahl der zwei- und mehrkernigen mit der Reifung der Tiere bedeutend anwächst, ohne daß in diesem Stadium auch nur eine einzige karyokinetische Teilung an diesen großen und deutlichen Zellkernen vorzufinden wäre.

Inwiefern ich den amitotischen Vorgang an wenigen unzweifelhaften Fällen zu beobachten in der Lage war, kann ich denselben dahin formulieren, daß er bei Notonecta mit einer ziemlich gleichen Halbierung des entsprechend verlängerten Kernkörperchens beginnt, sodann eine Einschnürung des oval gewordenen Kernumrisses erfolgt (Fig. 5, 6, 7, 8), wonach bei gleichzeitiger Einschnürung der Seitenwände

[1] Jul. Groß, Untersuchungen über das Ovarium der Hemipteren, zugleich ein Beitrag zur Amitosenfrage. Zeitschr. für wiss. Zool. 1900.

eine Scheidewand zwischen beiden Kernpartien sichtbar wird. (Fig. 9, 10.)

Was das Chromatin des Zellkernes anbelangt, so tritt dasselbe bei Notonecta und Nepa teilweise als ein aus rundlichen Mikrosomen bestehender Faden auf, der dicht unter der Kernmembran verläuft, wodurch auch der von Conklin[1] beobachtete freie Raum um den Nucleolus erklärlich wird (Fig. 4, 6), teilweise aber auch in Form von vieleckigen Körnern, welche im Verlaufe eines hyalinen Fadennetzes zu liegen scheinen. (Fig. 7, 8.)

Daß der Eintritt der amitotischen Kernteilung eine Alterserscheinung und einen Vorläufer des Absterbens desselben darstellt, ist wohl nicht zu bestreiten, nachdem es ziemlich allgemein bestätigt wurde, daß solcherlei Zellkerne nicht mehr karyokinetische Teilung durchmachen können. Nachdem wir aber unwiderleglich dargetan haben, daß die Dotterbildungszellen im Laufe ihrer eiernährenden Funktion keiner Auflösung (Cytolyse) unterliegen, vielmehr aber als scharf individualisierte Elemente mit den Eifortsätzen kommunizieren — müssen wir annehmen, daß hier die amitotische Kernteilung eine Begleiterscheinung der Dotterausscheidung ist.

Daß dieselbe nicht als conditio sine qua non solcher Prozesse anzusehen ist, erhellt aus dem Umstande, daß dieselbe in anderen Dotterbildungszellen (z. B. in den Dotterkammern sämtlicher meroïstischen Ovarien) nicht vorgefunden wurde, vielmehr diese letzteren nach Ende ihres Lebenslaufes selbständig, unter charakteristischem Zusammenfließen des Chromatins der Zellkerne in Stücke zerfallen, eventuell auch (wie es schon beobachtet wurde) von der Eizelle phagocytiert werden. (De Bruyne Archives de Biol. T. 15. 1898.)

Um die Bedeutung der auf solchem Wege eintretenden Vielkernigkeit der Dotterzellen einigermaßen zu erklären, dürfte es vielleicht zulässig erscheinen, die amitotische Kernteilung der Nährzellen der Hemipteren als im Dienste der Flächenvergrößerung der Kernsubstanz stehend zu betrachten

[1] Conklin, Amitosis in the egg follicle cells of the Cricket. American Naturalist 1903.

und mit demjenigen Vorgang zusammenzustellen, wo der anfangs rundliche Kern der Dotterzellen gewisser meroïstischen Ovarien (z. B. bei *Forficula* nach Korschelt) in späterer Entwicklung vielfach ausgebuchtet und quasi mit Pseudopodien ausgestattet erscheint, welche als Flächenvergrößerung des Nährzellkernes zu erklären sind.

Olejowa bei Horodenka (Galizien),
im November 1904.

Tafelerklärung.

Fig. 1. Macerationspräparat aus der Endkammer des Ovariums von *Notonecta glauca*. Die Nährzellen deutlich gesondert, hängen mit ihren Ausläufern an den Endverzweigungen der Dottergänge, welche von den zum Teil in der unteren Partie des Präparates befindlichen, zum Teil tiefer unten in der Eiröhre liegenden, jedoch abgerissenen Eizellen herrühren. Nach Zeiß. D. 2. mit der Kammer gezeichnet und nachher verkleinert. Vergr. zirka 200.

Fig. 1*a*. Endverzweigung eines Dotterganges mit daran haftenden Nährzellen, stärker vergrößert.

Fig. 1*b*. Teil des Fasergeflechtes aus dem Markraume der Endkammer. Zeiß. F. 2. Vergr. 550.

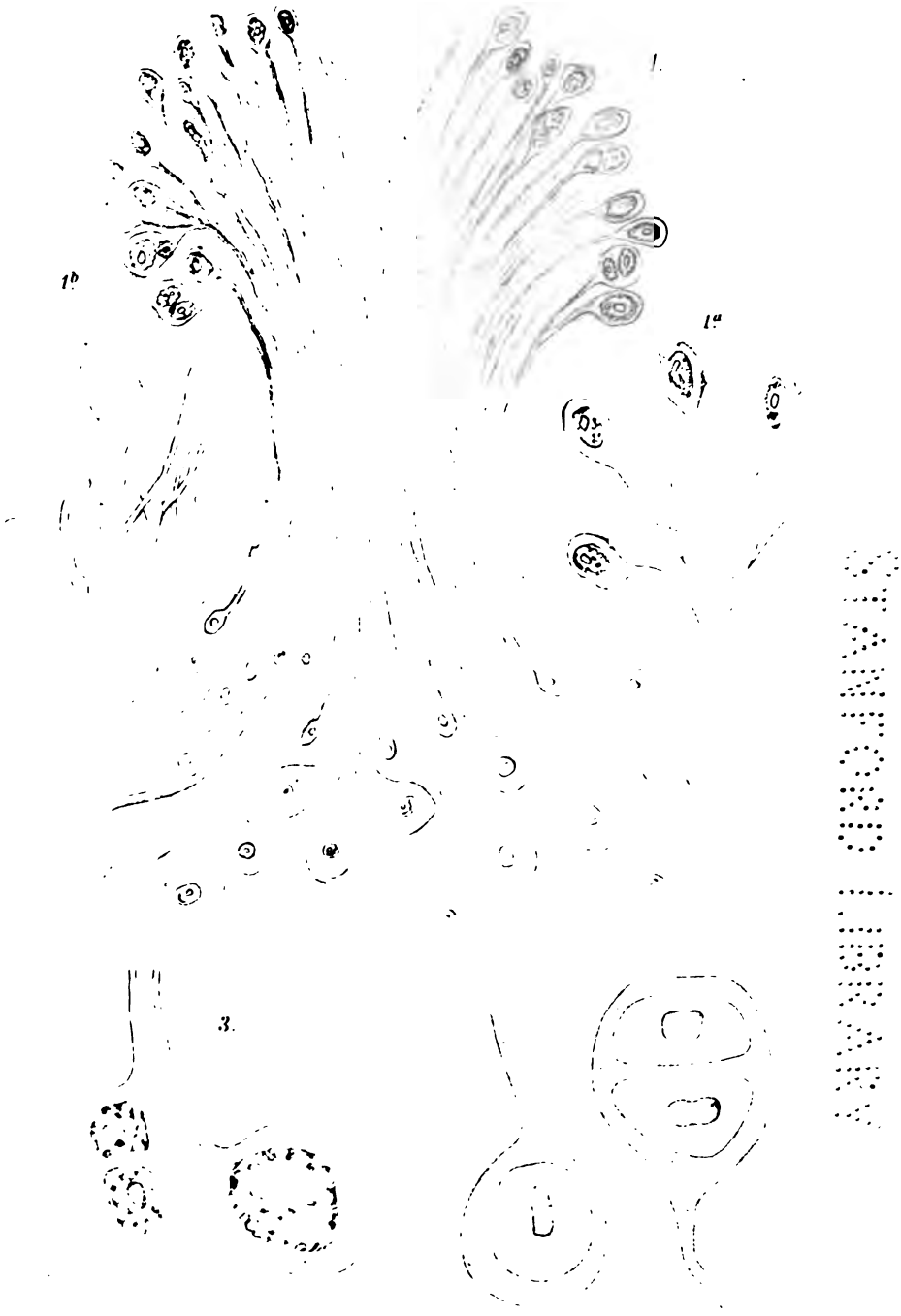
Fig. 2. Zwei frisch herausgerissene und in der Blutflüssigkeit untersuchte Nährzellen desselben Organes. *(a)* einkernig, *(b)* zweikernig. Kerne wasserhell mit deutlich hervortretenden Nucleolen. Zeiß. F. 2. Vergr. 550.

Fig. 3. Zwei ähnliche Zellen nach Behandlung mit Essigsäure-Alkohol und Methylgrünfärbung. Chromatin durch Gerinnung sichtbar geworden und tief grün gefärbt. Nucleolen ungefärbt. Protoplasma fein granuliert. Vergr. F. 2. 550.

Fig. 4. Nährzellen aus der Endkammer des Ovariums von *Nepa cinerea*. Essigsäurealkohol. Doppelfärbung Eosinmethylgrün, wobei das Chromatin dunkelviolett, die Nucleolen rot werden, alle Figuren bei F. 2. n. d. Kammer gezeichnet. Vergr. 550. Chromatinfaden aus deutlichen Mikrosomen zusammengesetzt, spiralig im Zellinhalt gewunden. Protoplasma außer dem großen Ausläufer noch mit zwei feinen versehen.

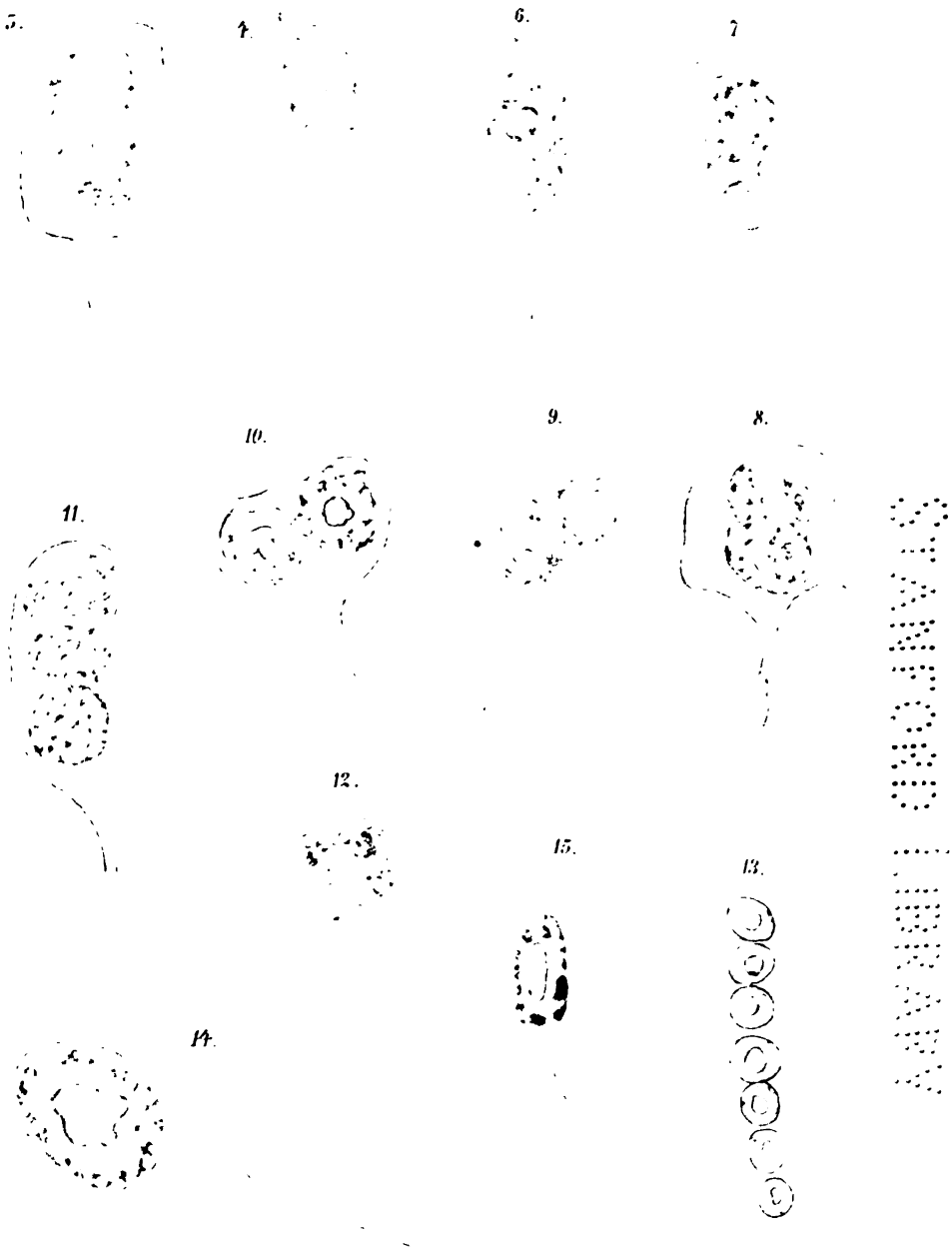
Fig. 5. Mikrosomen. Weniger regelmäßig angeordnet. Nucleolus stark verlängert, wahrscheinlich zur Teilung anschickend.

Fig. 6. Nucleolus verdoppelt. Chromatinfaden spiral.
Fig. 7. Nucleolus doppelt, Kern bisquitförmig verlängert, zur Teilung vorbereitet. Chromatin beinahe netzartig verteilt.
Fig. 8. Dasselbe mit deutlicher Einschnürung des Kernumrisses.
Fig. 9. Nährzelle mit zwei in der Längsachse nacheinanderliegenden Kernen.
Fig. 10. Nährzelle mit zwei nebeneinanderliegenden Kernen.
Fig. 11. Nährzelle mit drei Kernen.
Fig. 12. Nährzelle mit vier Kernen.
Fig. 13. Nährzelle mit sieben Kernen. Frisch.
Fig. 14. Besondere Nucleolenform mit Vacuole.
Fig. 15. Nährzelle im Schrumpfungszustande. Chromatin in größeren Ballen.



Lith. Anst. v. Th. Bannwarth, Wien.

Sitzungsberichte d. kais. Akad. d. Wiss., math.-naturw. Klasse, Bd. CXIII. Abt. I. 1904.



Lith. Anst. v. Th. Rannwarth, Wien

Digitized by the Internet Archive
in 2010 with funding from
Boston Library Consortium Member Libraries

Brezina A., Über dodekaedrische Lamellen in Oktaedriten.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 577—583.

Dodekaedrische Lamellen in Oktaedriten.
Brezina A. Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt. Bd. 113 (1904), p. 577—583.

Meteoreisen, Oktaedrite, dodekaedrische Lamellen in denselben.
Brezina A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 577—583.

Oktaedrite, dodekaedrische Lamellen in denselben.
Brezina A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt, Bd. 113 (1904), p. 577—583.

Schreibersitlamellen, dodekaedrische, in Oktaedriten.
Brezina A., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 577—583.

Stěp J. und **Becke F.**, Das Vorkommen des Uranpecherzes zu St. Joachimsthal.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 585—618.

Becke F. und **Stěp J.**, Das Vorkommen des Uranpecherzes zu St. Joachimsthal.
Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 585—618.

Uranpecherz von St. Joachimsthal.
Stěp J. und Becke F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 585—618.

St. Joachimsthal, Uranpecherz.
Stěp J. und Becke F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 585—618.

Erzgänge, Uranpecherz der Joachimsthaler —.
Stěp J. und Becke F., Sitz. Ber. der Wiener Akad., I. Abt., Bd. 113 (1904), p. 585—618

063
V66ls

Stanford University Libraries
3 6105 007 786 663

063
V66ls
Vol. 113-1
Sitzungsberichte d. Wiener Akademie d. 1904
Wissenschaften-Mathemat. Naturw. Classe.
NAME
DATE
NAME
DATE
171874
063
25661R
Vol 113-1

Document Control Stamp